

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Н. М. Золотова,
В. О. Склярів,
О. Ю. Супрун

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ
РОБІТ ІЗ З'ЄДНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ АКРИЛОВИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ

МОНОГРАФІЯ

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

УДК 693-5:691.58

3-81

Автори:

Золотова Ніна Михайлівна, кандидат технічних наук;

Склярів В'ячеслав Олександрович, кандидат технічних наук;

Супрун Олег Юрійович, кандидат технічних наук

Рецензенти:

Шумаков Ігор Валентинович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Кравчуновська Тетяна Сергіївна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри планування і організації виробництва Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

*Рекомендовано до друку Вченою радою ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,
протокол № 5 від 30.11.2018.*

Золотова Н. М.

3-81 Технологія та організація виконання робіт із з'єднання будівельних конструкцій акриловими композиціями : монографія / Н. М. Золотова, В. О. Склярів, О. Ю. Супрун ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 136 с.

ISBN 978-966-695-482-7

Призначена для підготовки магістрів, докторів PhD та наукових співробітників для поглибленого вивчення організаційно-технологічних особливостей застосування акрилових композицій для з'єднання будівельних конструкцій.

УДК 693-5:691.58

© Н. М. Золотова, В. О. Склярів,
О. Ю. Супрун, 2019

ISBN 978-966-695-482-7

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КЛЕЇВ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	8
1.1 З'єднання бетонних і залізобетонних елементів конструкцій полімерними композиціями	8
1.2 Аналіз використання полімерних клеїв для з'єднання елементів бетонних і залізобетонних конструкцій	12
1.3 Аналіз конструктивно-технологічних характеристик з'єднання бетонів акриловими композиціями	18
2 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МІЦНІСТЬ З'ЄДНАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ АКРИЛОВИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ	24
2.1 Методика експериментальних досліджень	24
2.2 Експериментальні дослідження визначення впливу різних технологічних факторів на міцність з'єднання будівельних конструкцій акриловими композиціями	31
2.2.1 Вплив віку нового бетону на міцність клейового з'єднання	31
2.2.2 Вплив міцності нового бетону на міцність клейового з'єднання	32
2.2.3 Вплив способів підготовки поверхні старого бетону на міцність клейового з'єднання	33
2.2.4 Вплив боку бетонування будівельної конструкції на міцність клейового з'єднання	36
2.2.5 Вплив товщини клейового шару на міцність клейового з'єднання	37
2.2.6 Вплив умов тверднення нового бетону на міцність клейового з'єднання	38
3 ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХНІ СТАРОГО БЕТОНУ ДО СКЛЕЮВАННЯ	43
3.1 Шліфувальні машинки та їхні технічні характеристики ...	43
3.2 Вплив технологічних і конструктивних чинників на тривалість процесу очищення поверхні старого бетону шліфувальними машинками	48
3.2.1 Вплив площі очищення поверхні бетону і сторони бетонування існуючої конструкції	48
3.2.2 Вплив крупності зерен абразивного круга	50
3.2.3 Вплив міцності бетону	50

3.3 Експерименти із дослідження впливу технологічних і конструктивних чинників на тривалість процесу очищення поверхні старого бетону шліфувальними машинками	50
3.3.1 Залежність часу очищення поверхні старого бетону абразивним кругом різного типу від площі склеювання і сторони бетонування існуючої конструкції	50
3.3.2 Вплив крупності зерен абразивного круга на час очищення поверхні старого бетону	56
3.3.3 Вплив міцності бетону на час очищення його поверхні	58
4 ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ АКРИЛОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА ПОВЕРХНЮ СТАРОГО БЕТОНУ	61
4.1 В'язкість акрилової композиції	61
4.1.1 Приготування акрилової композиції	61
4.1.2 В'язкість акрилової композиції	63
4.2 Нанесення акрилової композиції на поверхні старого бетону	67
4.2.1 Пневматичне нанесення акрилової композиції	67
4.2.2 Безповітряне нанесення акрилової композиції	72
4.2.3 Методика дослідження нанесення акрилової композиції на поверхню старого бетону	74
4.2.3.1 Нанесення акрилової композиції методом повітряного розпилення	74
4.2.3.2 Нанесення акрилової композиції методом безповітряного розпилення	76
4.2.4 Вибір механізмів для нанесення акрилової композиції на поверхню старого бетону	76
4.2.4.1 Механізми пневматичного способу нанесення клею	76
4.2.4.2 Установки для безповітряного способу нанесення акрилової композиції	78
4.3 Міцність з'єднання бетонних конструкцій акриловими композиціями під час реконструкції та ремонту будівель і споруд	81
5 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО З'ЄДНАННЮ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ АКРИЛОВИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ	87
5.1 Технологічний процес з'єднання старого бетону з новими акриловими композиціями	87

5.2 Визначення основних технологічних параметрів	88
5.2.1 Час на підготовку до з'єднання старого бетону з новими акриловими композиціями	88
5.2.2 Час приготування одного замісу клею	90
5.3 Залежність кількості створених в зміну клейових з'єднань старого бетону з новим від різних технологічних факторів	91
5.4 Визначення часу на створення клейового з'єднання старого бетону з новим	97
5.5 Розрахунок потреби в механізмах	103
5.6 Розрахунок кількісного складу бригади	104
5.7 Моделювання організаційно-технологічних рішень зі з'єднання будівельних конструкцій акрилової композиції	105
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	114

ВСТУП

У сучасних умовах одним і найважливіших напрямків науково-технічного прогресу в будівництві в Україні є використання ефективних методів з'єднання будівельних конструкцій як під час нового будівництва, так і під час ремонту й реконструкції існуючих будівель і споруд різного призначення. На даний час ступінь зносу будівель і споруд, що давно експлуатуються, є високим і необхідність капітального ремонту, реконструкції і модернізації вимагає раціонального та ощадливого використання матеріалів, скорочення термінів виконання робіт шляхом застосування нових матеріалів і прогресивних методів виробництва будівельно-монтажних робіт. Крім того, зміна виробничих режимів у промислових будівлях обумовлена перманентною появою інноваційного технологічного обладнання, позначає актуальність надійної експлуатації вузлів його кріплення до існуючих і нових фундаментів. Постійне зростання експлуатаційних вимог до сучасних промислових і цивільних об'єктів створює необхідність улаштування міцних і довговічних кріплень із оптимальними техніко-економічними параметрами. На сьогоднішній день особливо актуальною стала проблема підвищення їхньої якості і зниження тривалості та вартості улаштування. Ефективним рішенням таких завдань є застосування клейових з'єднань. До того ж під час ремонту та реконструкції застосування клейових композицій часто є єдиним способом виконання робіт із ремонту, заміни зруйнованих елементів, посилення і нарощування. З'єднання будівельних конструкцій з бетону за допомогою акрилових композицій характеризуються більш ефективними параметрами порівняно з відомими рішеннями із застосуванням інших складів. Використання акрилових клейових сумішей для з'єднання будівельних конструкцій і установки обладнання набуло широкого застосування, тому що дозволяє скоротити строки будівництва, ремонту і реконструкції будівель і споруд, заощаджувати фінансові ресурси. Трудомісткість улаштування клейових з'єднань у 1,3–3 рази нижче традиційних, що дозволяє одержати на 1 т клеїв від 700люд.-днів до 1500люд.-днів економії трудомісткості. Застосування акрилових клейових композицій є перспективним, тому що вони є малокомпонентними, технологічними в приготуванні та укладанні, полімеризуються за різних температур, мають в'язкість, що регулюється, достатню життєздатність, високу наповнюваність, час твердіння, що піддається варіюванню. Ці властивості дозволяють за більш короткий термін

вводити об'єкти в експлуатацію, а також проводити ремонтні й відбудовні роботи практично без зупинки виробництва

У цій монографії викладаються науково обґрунтовані технічні та організаційно-технологічні рішення з улаштування в промислових та цивільних будівлях з'єднань бетону, використовуючи акрилові композиції з високим ступенем надійності. Склади акрилових композицій були розроблені в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова за участю авторів цієї монографії.

От же, викладені положення щодо організаційно-технологічних рішень під час виконання робіт із з'єднання будівельних конструкцій акриловими композиціями з метою ефективнішого використання інвестицій дозволять більш повно їх застосовувати і створити сприятливий інвестиційний клімат у будівельній галузі, однієї з провідних галузей економіки України.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КЛЕЇВ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1 З'єднання бетонних і залізобетонних елементів конструкцій полімерними композиціями

Полімерні клеї (епоксидні, акрилові, карбомідні, метаміноакрілові та ін.) мають ряд важливих властивостей: хороше зчеплення із бетоном і сталлю (зчеплення їх зі сталлю у 5–12 разів вище, ніж розчинів і бетонів), високу механічну міцність, стійкість до агресивних дій, хорошу заповнюваність і можливість створення клейових швів різної товщини, регульовану життєздатність і швидке затвердіння (протягом 2–48 годин з моменту приготування полімерного клею) [8, 10, 22, 25, 32, 34, 35, 77–81, 83, 84, 95, 96, 107, 110, 120, 140, 142, 144, 168, 170, 184, 189–191]. Перераховані вище властивості полімерних клеїв дозволяють їхнє використання для створення з'єднань старого бетону зі старим, старого бетону з новим, бетонних та залізобетонних збірних елементів і таке інше.

Найбільш широке застосування отримали епоксидні та акрилові клеї, так як вони за своїми властивостями відповідають всім вимогам, які висуваються до клеїв, що використовуються для створення надійних і довговічних сполук бетонних і залізобетонних елементів [2, 22, 33, 71, 75, 85, 86, 91, 92, 94, 97, 99, 105, 108, 123, 126, 149, 170, 173, 175, 194, 195, 204, 206].

Як зазначено у вступі, спочатку для клейових з'єднань бетонних і залізобетонних будівельних елементів використовували здебільшого клеї на основі епоксидних смол. У роботах [1, 2, 4, 9, 57, 61, 62, 71, 84, 85, 88, 91, 92, 95, 141, 143, 145, 159, 160] розглянуті питання влаштування та міцності клейових з'єднань, узагальнено досвід застосування таких конструкцій, що показує їхню перспективність в порівнянні з традиційними способами омонолічування стиків.

Так, наприклад, за даними НДІЗБе перехід на клейові стики при будівництві мостів дозволив підвищити якість мостових конструкцій у 2–5 разів, збільшити темпи їх монтажу на 30–50 %, зменшити трудомісткість монтажних робіт [50].

Склеювання бетонних і залізобетонних конструкцій пов'язано з їхнього надійною монолітністю, яка здійснюється відповідними матеріалами: цементними складами – бетонами і будівельними розчинами; полімерцементними складами, коли полімер вводиться як домішка; полімерними складами, у яких сполучним є тільки полімер [50, 92, 95, 97, 98, 113, 155].

Питанню склеювання елементів конструкцій полімер розчин, як показала світова практика, приділяється велика увага, тому що такі сполуки дають найвищі результати монолітності [2, 4, 32, 34, 42, 43, 49, 58, 61, 62, 75, 86, 91, 94, 99, 105, 107, 109, 140, 142, 149, 153, 155, 163, 174, 208, 209].

Надійна монолітність необхідна для замонолічування стиків, пазів, швів конструкцій; пристрої збірно-монолітних конструкцій, які повинні працювати як єдине ціле; укладанні бетону в монолітні споруди, які зводяться з перервою в бетонуванні; з'єднанню окремих блоків і елементів будівельних конструкцій між собою.

Відомо, що монолітні бетонні та залізобетонні конструкції під час влаштування масивних фундаментів, а також конструкцій складної конфігурації, зазвичай, зводять із перервою в бетонуванні. Під час реконструкції будівель і споруд також виникає необхідність виконувати роботи із відновлення або зміни габаритів і конфігурації конструкцій (рис. 1.1, 1.2). Тому робочі стики в конструкції між старим і знову укладеним бетоном є ослабленими місцями, у результаті чого вона може втратити монолітність.

Основна причина цього явища – знижена ступінь зчеплення між шарами бетону. Конструкція стає слабшою до опору здвигу, з'являється чутливість до просочування вологи і небезпечних для бетону та залізобетону речовин. Значно знижується опір впливу низьких і високих температур, знакозмінних і повторних навантажень.

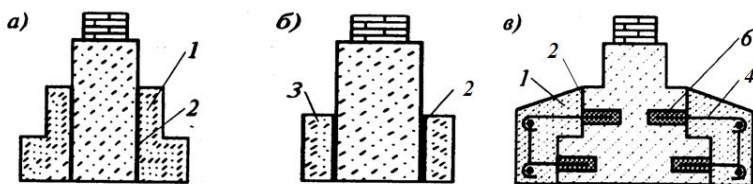


Рисунок 1.1 – Посилення стрічкових фундаментів із монолітного бетону:

- а – пристрій припливів-черевиків із монолітного бетону; б – приклеювання збірних елементів підсилення; в – пристрій припливів-черевиків з армованим зв'язком з фундаментом: 1 – монолітний башмак, 2 – клейовий шов, 3 – збірний елемент посилення, 4 – арматура, 5 – шурф, який заповнюється полімерним клеєм

Проблема забезпечення монолітності бетону в конструкціях є однією з основних для загальної міцності та стійкості споруди. Наразі монолітність конструкцій забезпечується використанням мінеральних, мінерально-полімерних і полімерних зв'язуючих. У першому випадку маються на увазі звичайні цементні композиції – будівельні розчини та

бетони, а також колоїдні цементні клеї [46, 67, 68, 85, 94, 95, 147, 157, 159, 232], у другому – цементно-полімерні композиції, коли для підвищення адгезійних властивостей цементних композицій у них вводиться полімерна домішка [2, 50, 51, 84, 85, 86, 92, 95, 140, 159], і в третьому – композиції, в яких сполучною є тільки полімер [1, 2, 19, 24, 25, 32, 48, 49, 58, 63, 75, 77–79, 83, 86, 97–99, 147, 171].

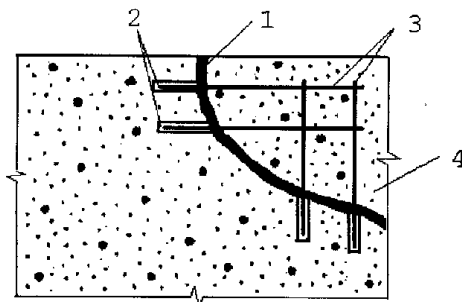


Рисунок 1.2 – Ремонт бетонних конструкцій за допомогою клеїв:

1 – клейовий шов; 2 – клейовий анкер; 3 – арматурний стрижень; 4 – добетонка

Рішенням проблеми застосування полімерних клеїв в бетонних та залізобетонних конструкціях займалися і займаються багато вчені: Е. П. Александрян [1], В. М. Горшкова [13,49], Р. І. Берген [5, 6], Л. М. Шутенко [103, 105–113, 118, 167, 168], В. І. Торкатюк [85–87, 103–105], М. С. Золотов [22, 23, 73–75, 103, 105–113, 118, 167, 168], Ю. М. Смолянінов [23, 117], В. З. Клименко, Ю. Д. Кузнєцов, І. Г. Черкаський [94, 113], Л. А. Ігонін [35–37, 61], Ю. М. Баженов [3], Ю. Ф. Кутін [46], Ю. В. Максимов, В. В. Патуроев [48, 71], В. Г. Мікульський [61–64], В. В. Козлов [62], Н. Г. Матков [44, 81, 83], В. О. Мельман [51–59, 100–103], А. С. Фрейдін [91], Н. О. Псурсева [23, 73–75, 97, 105, 123], С. М. Золотов [24, 25, 107–110, 176], G. Arens [140], M. Buck [142], M. F. Canovas [143, 144], E. Walter [174, 175] та ін. [9, 10, 11, 18, 19, 60, 66, 145, 148, 150, 153, 156, 157, 161, 166, 170–173].

Для склеюванні бетонних і залізобетонних конструкцій полімерними композиціями необхідно, щоб клеї та клейові з'єднання відповідали таким основним вимогам:

- адгезійна і когезійна міцність клею має бути не нижче міцності з'єднуємого бетону;
- коефіцієнт лінійного розширення клею має бути гранично близьким до коефіцієнта лінійного розширення бетону;

- клейове з'єднання має бути стійким до впливу експлуатаційного середовища і в цих умовах забезпечувати необхідну довговічність;

- технологічна життєздатність клею (час із моменту приготування клею, протягом якого він може бути використаний для склеювання) і його в'язкість повинна відповідати виробничим вимогам;

- використовувані в клейовій композиції речовини повинні мати найменшу токсичність, і в затверділому, кінцевому стані, клей повинен бути абсолютно нешкідливим.

Необхідно відзначити, що багаторічний досвід застосування епоксидних складів для омоноличування бетону дав певні результати [35, 37, 48, 49, 61, 81, 83, 91, 141, 143, 159, 165, 168].

Достатню міцність і гарну адгезію до бетону мають поліефірні клеї [2, 38, 77, 81]. Всі види поліефірів відрізняються високою когезійною міцністю. Адгезія їх до бетону вище міцності бетону на розрив.

На створення стику бетонних елементів за допомогою епоксидних клів витрачається лише 20 % часу, яке б потрібно було під час виконання його за допомогою цементного розчину [61]. Водночас з'єднання має велику міцність і надійність.

Експериментальними роботами [1, 2, 37, 48, 61, 63, 81, 141, 143, 144, 145] встановлено, що у разі виконання всіх виробничо-технологічних і технічних вимог клейове з'єднання старого бетону зі старим забезпечує водонепроникність і рівномірність стику.

Численні випробування таких з'єднань підтверджують, що клейовий шов по міцності, водонепроникності, морозостійкості і атмосферостійкості перевершує з'єднання омоноличуваними цементними композиціями [13, 37, 49, 61, 73, 74, 81, 83].

Сфера застосування епоксидних і акрилових складів у будівництві досить велика й різноманітна. Вони можуть бути використані в клейових з'єднаннях елементів збірних залізобетонних конструкцій; у монолітних конструкціях для забезпечення надійного зчеплення знову укладеного шару бетону зі старим; для закладення тріщин і пошкоджень у бетонних і залізобетонних спорудах; під час ремонтних робіт, пристрої захисного покриття конструкцій та ін.

Епоксидні та акрилові склади мають також широке застосування в мостобудуванні (рис. 1.3), гідротехніці, цивільному будівництві [2, 22, 35, 37–43, 60, 71, 77, 78, 140, 141, 144, 150, 157, 170].

У будівельній практиці широко використовують епоксидні та акрилові склади (полімерні композиції) для з'єднання збірних

залізобетонних елементів для зведення будівель і споруд, зокрема та унікальних.

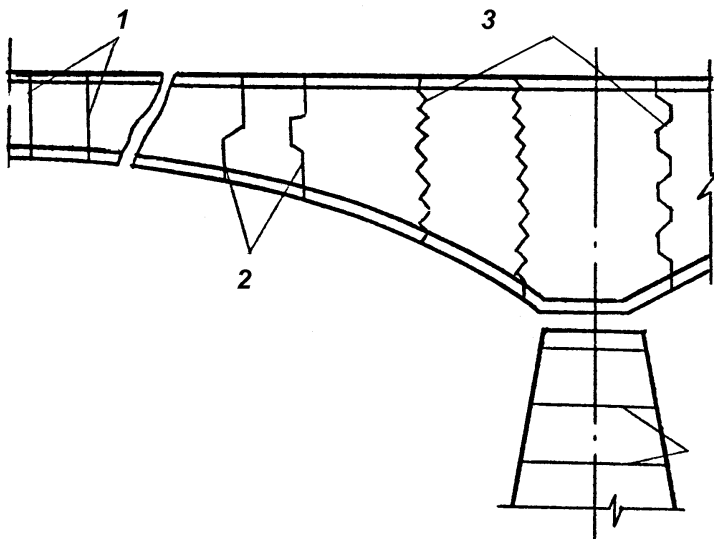


Рисунок 1.3 – Стики балкових конструкцій у мостобудуванні:

1 – плоскі; 2 – плоскі з відступом; 3 – зубчасті

Клейові з'єднання використовують у балках, колонах, каркасах будівель, оболонках покриттів і багатьох інших конструкціях (рис. 1.4). Встановлено, що міцність складових конструкцій з'єднаних акриловими або епоксидними композиціями, не нижче міцності монолітних конструкцій [1, 3, 24, 53, 61, 63, 66, 73, 74, 191, 194, 196].

Досвід застосування епоксидних і акрилових композицій у будівництві різних споруд підтверджує переваги клейових з'єднань порівнянно з замонолічуванням цементними розчинами [2, 4, 10, 22, 43, 61, 71, 86, 97, 99, 105, 144, 198].

1.2 Аналіз використання полімерних композицій для з'єднання елементів бетонних і залізобетонних конструкцій

Полімерні клеї (епоксидні, карбамідні, меламінові, акрилові та ін.) мають низку важливих властивостей: хороше зчеплення з бетоном і сталлю, високу механічну міцність, стійкістю в агресивних середовищах, хорошу зазорозаповнюваність і можливістю створення шва великої товщини [1–6, 24, 37, 53, 56, 58, 66, 73, 80, 94, 95, 100, 104,

113, 144, 145, 154, 175]. Ці властивості дозволили останнім часом широко використовувати полімерні композиції в будівництві для з'єднання елементів будівельних конструкцій [32, 8, 19, 22, 35, 37, 38, 43, 48, 49, 60, 61, 77, 78, 83, 94, 95, 140, 143, 149, 160, 164, 172, 175].

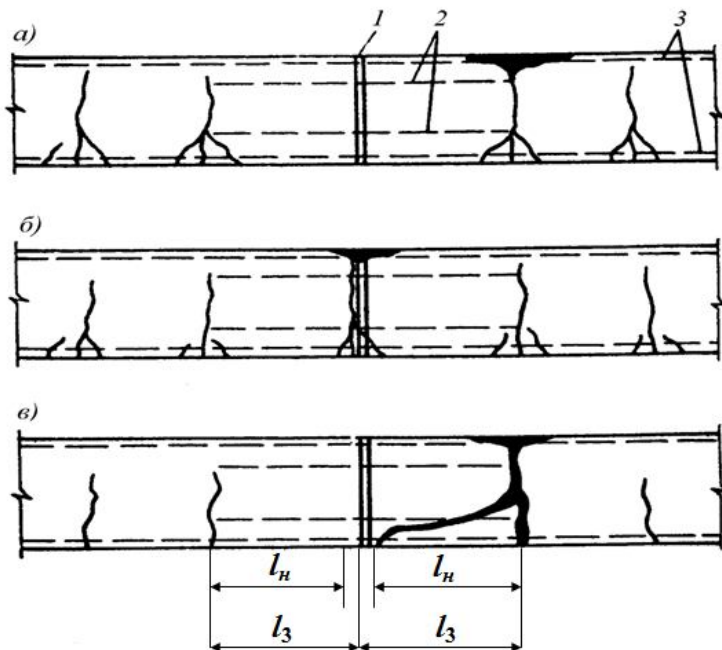


Рисунок 1.4 – Ремонт згинальних залізобетонних елементів конструкцій:

а – руйнування по елементу палі: 1 – клейовий шов; 2 – штирі;
3 – поздовжня арматура; б – руйнування по стику; в – по елементу балки

Широке використання епоксидних і акрилових клеїв у будівництві пояснюється такими позитивними властивостями:

- висока адгезія епоксидних і акрилових клеїв до бетону, залізобетону, сталі та інших матеріалів;
- високий опір клейового шва різних механічних впливів: розтягування, стиснення, вигину за впливу як статичних, так і динамічних навантажень (завдяки цьому можна створювати збірні й збірно-монолітні залізобетонні конструкції рівномісні монолітним);
- мінімальна усадка при затвердінні;
- можливість регулювання процесу затвердіння в часі;
- збереження міцності в умовах від'ємних температур;

- висока стійкість проти різних хімічних впливів;
- висока рухливість «рідкого» клею, що дозволяє застосовувати його як для ремонту, так і з'єднання різних будівельних конструкцій.

Однак підвищені деформації повзучості, низький модуль деформації, знижена теплостійкість і вогнестійкість, відносно висока вартість дещо стримують використання епоксидних і акрилових клеїв в будівництві.

Області застосування акрилових та епоксидних композицій у будівництві різноманітні. Основні з них: клейові з'єднання елементів збірних залізобетонних конструкцій, забезпечення надійного зчеплення знову укладеного шару бетону зі старим (у монолітних конструкціях), закладення тріщин і пошкоджень у залізобетонних спорудах, виконання ремонтних робіт і тощо.

Досвід застосування епоксидних і акрилових композицій [2, 4, 22, 25, 34, 35, 37, 43, 46, 48, 49, 60, 61, 63, 71, 75, 77–79, 83, 86, 95, 97, 99, 105, 109, 140, 144, 145, 154, 155, 173, 175] підтверджує переваги клейових з'єднань порівняно з замоноличуванням цементними розчинами. Крім того, у зв'язку із швидким затвердінням епоксидних і акрилових клеїв, зменшуються терміни будівництва, ремонту, реконструкції та відновлення будівель і споруд. Водночас значно підвищується тріщиностійкість згинальних залізобетонних елементів завдяки підвищеній адгезії клею з бетоном.

Однак епоксидні клеї мають недостатні технологічні властивості: висока в'язкість, особливо за низьких температур навколишнього середовища; багатокомпонентність, що ускладнює їхнє приготування і зменшує надійність у застосуванні; необхідність додаткових заходів для їхнього використання за температур середовища нижче 15 °С (підігрівання клеїв і елементів, що склеюються, введення різних модифікаторів та т. ін.).

У Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова розроблений склад акрилової композиції [10, 25, 32, 67–70, 98, 109, 112, 142]. Непоступаючий своїми адгезійними та когезійними властивостями існуючим (наприклад, епоксидним, найбільш широко застосовуваним у будівництві), але має вищі технологічні властивості і низьку вартість. Харківським національним університетом міського господарства імені О. М. Бекетова вперше були застосовані акрилові клеї для з'єднання бетонів, зокрема старого з новим. Дослідженням напружено-деформованого стану та міцності таких з'єднань присвячені роботи Л. М. Шутенко [96, 97, 100–106], М. С. Золотова

[23, 54–58, 73–75, 96, 97, 100–106], Н. О. Псурцева [23, 73–75, 105], В. О. Мельман [52–58] та ін.

Останніми роками широко почали застосовувати для з'єднання бетонів акриловий клей, склади якого розроблені в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова [10, 22, 24–34, 67–70, 97–99, 105–110, 112, 113]. У зв'язку із цим виконані численні дослідження фізико-механічних властивостей акрилових клеїв і з погляду їхнього використання для зазначених сполук. До них належать роботи Л. М. Шутенко [34, 97, 98, 105, 106, 109, 112, 113, 167–169], М. С. Золотова [22, 34, 97, 98, 105, 106, 109, 112, 113, 167–169], А. О. Гарбуз [10, 11, 33, 98, 109, 110, 112], С. М. Золотова [24–33, 169, 176, 177].

Акриловий клей складається з полімерного зв'язуючого і наповнювача. Як зв'язувальний застосовується акрилова композиція АСТ-Т, що становить компаунд холодного затвердіння типу рідина-порошок. Порошкоподібний компонент є полімером – це високомолекулярна речовина, що є суспензійним полімером на основі метилметакрилату (поліметилметакрилат). Рідкоподібним компонентом (затверджувачем) акрилового компаунда служить метиловий ефір метакрилової кислоти (мономер метилметакрилату). Затвердіння акрилового компаунда відбувається спонтанно за нормальної температури завдяки окислювально-відновним системам. Наповнювачем є кварцовий пісок із розміром зерен від 0,16 мм до 0,63 мм.

На підставі експериментів, виконаних Л. М. Шутенком, М. С. Золотовим, А. О. Гарбуз, Р. А. Спіранді, С. М. Золотовим [10, 11, 22, 33, 34, 97, 98, 105, 106, 109, 112, 113, 167–169] та іншими [23, 52–58, 73–75], показана доцільність застосування акрилових клеїв для з'єднання бетонних і залізобетонних елементів під час будівництва та реконструкції будівель і споруд різного призначення. Вивчено міцність акрилової композиції за широкого варіювання його складу: на 100 мас. ч. полімеру – 80–160 мас. ч. мономера (затверджувача), 50–600 мас.-ч. кварцового піску з розміром зерен від 0,16 мм до 0,63 мм.

У результаті досліджень визначено оптимальні склади акрилових композицій: затверджувач (рідина АСТ-Т) – 100 мас. ч.; полімер (порошок АСТ-Т) – 100 мас. ч.; наповнювач (кварцовий пісок) – 150 мас. ч. при крупності зерен 0,16 мм; 300 мас. ч. – за крупності 0,315 мм; 400 мас. ч. – за крупності 0,63 мм. Коєзійна міцність цих складів відповідно дорівнює при стисканні 60–80 МПа, розтягуванні – 16–19 МПа, зсуві – 21–26 МПа (табл. 1.1).

Для зазначених складів були проведені експериментальні дослідження із визначення основних технологічних властивостей акрилових клеїв. Вони показали, що акрилові клеї прості та надійні в приготуванні, мають регульовані в'язкість, життєздатність і час затвердіння. Було також визначено, що життєздатність і час затвердіння залежать також від температури навколишнього середовища [26, 29, 30, 36].

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні властивості звичайної та модифікованої акрилової композиції

Межа міцності, МПа			Модуль пружності при розтягуванні, МПа	Коефіцієнт Пуассона при розтягуванні
при стисненні	при розтягуванні	при зсуві		
акриловий клей				
60–80	16–19	21–26	$(4,2-12,0) \times 103$	0,25–0,28
Модифікований акриловий клей				
90–98,6	18–28	32–37	$(4,2-14,0) \times 103$	0,25–0,28

Проведені Л. М. Шутенко, М. С. Золотовим, А. О. Гарбуз і С. М. Золотовим дослідження [10, 11, 24, 27, 31, 67–70, 98, 105–109, 166–169, 176, 177] показали, що фізико-механічні, фізико-хімічні властивості, а також термостійкість полімерних акрилових композицій можна змінювати в широких межах шляхом спрямованої зміни морфології надмолекулярних структур і ступеня завершеності просторових молекул полімерного зв'язувального. Модифікуючи акриловий клей неорганічними домішками (азбест, дрібнодисперсна слюда, оксид цинку), можна підвищити його міцність і деформативність характеристики (табл. 1.1). Як видно з таблиці 1.1, застосування зазначених домішок дозволило збільшити міцність акрилових клеїв, зокрема під час зсуву.

Міцність і технологічні характеристики клеїв для з'єднання бетонів визначаються значною кількістю чинників, які можна розділити на три групи.

Перша група – конструктивні фактори. Під час розгляду цієї групи факторів враховується склеювання цементного гелю з поверхнею клею, за допомогою якого з'єднують бетони як старий з новим, так і новий зі старим.

Друга група – технологічні чинники. Ці фактори сформульовані на підставі завдань, поставлених у роботі. Вони містять в такі пункти: достатня життєздатність, можливість регулювання в'язкості, малий час затвердіння.

Третя група – економічні чинники: невисока вартість, не дефіцитність.

Отже, технологічність з'єднання старого бетону з новим визначається переважно трьома переліченими вище групами факторів.

У будівництві найбільш широке застосування отримали акрилові, епоксидні та силоксанові клеї [2, 19, 22, 25, 35, 36, 38, 43, 48, 60, 61, 64, 78, 81, 94, 95, 97, 105, 109, 112, 140, 142, 167–169, 175, 176]. Для вибору оптимальної клейкої основи необхідно проаналізувати їх за групами факторів, які наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристики міцності і технологічні характеристики клеїв

фактори		Клеї		
		акриловий	епоксидний	силоксанові
конструктивні	Адгезія до металу і бетону	так	так	так
	Міцність при стисканні, МПа	60–99	50–60	20–40
технологічні	Життєздатність, хв.	30–260	30–150	180–200
	Час затвердіння, доба	0,25–1,0	1,01–3	15
	Усадка, %	0,08	0,8	3,0
	можливість регулювання в'язкості	так	немає	немає
	можливість модифікації	так	так	немає
Екологія	токсичність	немає	так	немає

З аналізу таблиці 1.2 видно, що силоксановий клей за конструктивними параметрами значно поступається акриловому або епоксидному. Він схильний до усадки при затвердінні, міцність його при стисненні всього 20–40 МПа [60, 94, 113], що у 1,5–2 рази менше, ніж у акрилового й епоксидного [10, 31, 38, 40, 60, 61, 95, 98, 109, 112, 113, 143, 176]. Тому, незважаючи на його низьку вартість, використовувати його як клей для з'єднання бетонів не доцільно.

Акриловий клей різних складів і епоксидний близькі за конструктивними параметрами, але за кількістю компонентів, токсичністю та технологічними властивостями перший вигідно відрізняється від другого. Вивчення способів виробництва робіт із влаштування з'єднань бетонів показує, що під час розроблення технології таких з'єднань необхідно знання наступних технологічних параметрів акрилових клеїв: в'язкість, життєздатність, наповнюваність і час затвердіння акрилової композиції.

1.3 Аналіз конструктивно-технологічних характеристик з'єднання бетонів акриловими композиціями

У практиці омоноличування бетонних та залізобетонних конструкцій застосовуються клейові шви товщиною 3–10 мм, що позитивно позначається на роботі бетонних і залізобетонних конструкцій, рівномірно розподіляючи напруги на поверхні контакту субстрату й адгезиву [42].

Дослідженням міцних показників і характеру розподілу напруг в клейових з'єднаннях бетону при роботі на зсув присвячений ряд робіт [1, 3, 6, 9, 13, 16, 23, 51, 56, 64, 66, 73, 74, 97, 100, 103].

У ТбілЗНІПЕП Е. П. Александрян [1] провів дослідження клейових з'єднань бетону на основі епоксидного полімеррозчину. Результати випробувань дозволили зробити висновок, що незалежно від довжини клейових швів руйнування клейового з'єднання відбувається по бетону. У всіх вивчених зразках спостерігалася концентрація напружень на кінцях клейових з'єднань, що зростала зі збільшенням довжини шва.

Епоксидний полімеррозчин зміцнювально впливав на бетон, чим і пояснюється підвищена міцність клейового з'єднання бетонних призм.

Ю. М. Баженов, Н. Г. Матків і В. А. Тянь [3] проводили дослідження міцності та деформативності клейових з'єднань бетону на основі модифікованого метилметакрилату.

У результаті експерименту було встановлено, що клейові з'єднання бетонних призм на основі модифікованого метилметакрилату не поступаються за міцністю клейових з'єднань на епоксидному клеї і мають міцність на зрушення 4–4,5 МПа за товщини клейового шару 2 мм. Руйнування відбувалося по бетону. Полімеррозчини на основі модифікованого метилметакрилату мають підвищену деформативність, однак, деформативність клейового шва на їх основі в 3 рази менше, ніж на епоксидному клеї.

Міцності і розрахунково-теоретичним питанням клейового бетонного сполучення за взаємодії зсувальних навантажень присвячені роботи [9, 23, 49, 54, 61, 73, 100, 103, 104, 113]. Для цих досліджень характерний облік основних положень теорії пружності під час вивчення напружено-деформованого стану клейового з'єднання, що працює на зрушення.

Міцність і напружений стан клейового бетонного сполучення під час зсуву розглядав Д. О. Недогоров [66]. Для склеювання застосовувався латексцементний клей. У результаті досліджень

автором визначено міцність з'єднання і отримані залежності для визначення дотичних напружень у будь-якому перетині клейового шва. Побудовані за цими залежностям епюри розподілу напружень по довжині шва свідчать про концентрацію напружень лише на одному кінці клейового з'єднання. Однак у клейовому з'єднанні, що працює на зрушення, концентрація напружень спостерігається по обох кінцях клейового з'єднання [9].

Міцність і напружений стан клейових з'єднань вивчалися Р. І. Бергеном [6] на трьох склеєних епоксидним клеєм армоцементних зразках у вигляді двутавра. Зразки виготовлялися з бетону класу C20/25–C50/60. Експериментами була визначена міцність з'єднання. Вони також показали, що зрушення елементів по довжині шва характеризувався великою нерівномірністю. Зсувні зусилля максимальної величини концентрувалися на кінцях шва і були обернено пропорційні жорсткості склеєних елементів.

Як зазначалося раніше, проведені експериментальні дослідження із визначення когезійних, адгезійних і технологічних властивостей клеїв на основі акрилових полімерів [24–34, 73, 98, 99, 111, 112, 113, 142, 176] показали їхню високу міцність, технологічність, хороші фізико–механічні, економічні показники і можливість застосування для з'єднання бетонних і залізобетонних елементів.

У роботах Л. М. Шутенка, М. С. Золотова, Н. О. Псурсцевої і В. О. Мельман [51, 54, 56, 74, 97, 103, 104, 113] наведені результати експериментів із визначення короткочасної міцності з'єднань бетонних елементів акрилової композиції. Визначалася міцність з'єднання як старого бетону з новим, так і старого зі старим. Проведені дослідження показали, що з'єднання бетонних елементів мали міцність що дорівнювала міцності бетонів. Руйнування клейових з'єднань відбувалося по бетону.

Тимчасова залежність міцності властива всім матеріалам, зокрема полімерам і клеям. Тому дослідники і конструктори змушені звертати увагу на дуже важливу характеристику механічних властивостей клейових з'єднань – довговічність під тривалою дією статичної напруги. Крім того, необхідно враховувати повзучість клейових з'єднань під дією постійно прикладених навантажень [5, 13, 61, 73, 74, 100, 101, 103, 167–170, 176].

Вивченню тривалої міцності і повзучості клейових бетонних з'єднань присвячена низка досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних авторів [1, 8, 9, 13, 49, 59, 61, 73, 74, 91, 100, 101, 105]. Дослідження повзучості бетонних призм розмірами 100мм × 100мм × × 400 мм із клейовими швами товщиною 10, 30 і 50 мм з

полімеррозчину на основі епоксидної смоли ЕД-16 виробляли за рівнів напруги $\sigma_b = 0,5 R_b$ і $0,7 R_b$. У роботі [1] відзначається невелика повзучість клейових з'єднань бетону на епоксидному клеї марки Арнальдит-1 за дії тривалого статичного навантаження, до того ж за напруги $\sigma_b = 0,3 R_b$ швидкість деформації повзучості практично дорівнює нулю. Аналіз результатів випробувань показав, що загальна деформативність елементів залежить від величини діючих напруг і товщини шва. Хоча деформації повзучості і підвищуються зі збільшенням товщини шва, вони залишаються малими, що пояснюється чинником, який утримує склеювання бетонних поверхонь [49].

Дослідженнями [49] показано, що за напруги $\sigma_b = (0,5 \dots 0,7) R_b$ деформації повзучості швів із полімеррозчин різної товщини мають тенденцію до загасання. Наростання поздовжніх і поперечних деформацій за рівнів напруг, що перевищують $\sigma_b = 0,7 R_b$, має незагасильний характер. Довготривалі навантаження, що створюють в перетинах призм напруги менше $\sigma_b = 0,5 R_b$, спричиняють стабілізацію деформацій за тривалого спостереження за зразком (3 роки).

Клейові з'єднання, використовувані в будівництві, знаходяться під дією статичного постійного навантаження від декількох годин до декількох десятків і більше років. Тому характер руйнування клейового з'єднання може змінюватися в процесі його експлуатації. Руйнування може мати адгезійний характер, що залежить від співвідношення міцності адгезійних зв'язків, міцності та релаксаційних здібностей клею. За високої адгезійної міцності клею руйнування клейового шару не відбувається.

На характері руйнування клейових з'єднань відбивається тривалість і швидкість програми навантаження [65, 75]. У разі повільного зростання або сталості навантаження тривала міцність клею може виявитися менше тривалої адгезійної міцності і руйнування відбуватиметься по клею і мати когезійний характер.

Міцність клейових з'єднань під дією тривалих статичних навантажень не можна охарактеризувати однією величиною. Клейове з'єднання може руйнуватися за різної напруги, до того ж зі зменшенням напруги (за інших рівних умов) довговічність зростає і тому багатьма вченими введено поняття тривала міцність, що показує функціональну зв'язок часу до руйнування клейового з'єднання і діючого навантаження [59, 62, 73, 74, 100, 101, 113].

У роботах Л. М. Шутенка, М. С. Золотова, Н. О. Псурцевої і В. О. Мельман [59, 73, 74, 100, 101, 113] показано, що тривала міцність з'єднань бетонних елементів акриловим клеєм залежить від рівня прикладеного навантаження, а коефіцієнт тривалої міцності клейового з'єднання при розтягуванні дорівнює $K_{tot} = 0,67$. Отримані розрахункові опори клейового з'єднання з урахуванням коефіцієнта тривалої міцності перевищують розрахункові опори бетону класу С12/15 в 1,2 рази, що забезпечує надійність з'єднання. Виконані експериментальні дослідження тривалої міцності та деформативності показують також, що товщина клейового шару впливає на величину повзучості. Зокрема, для елементів із бетону класу В 12,5 за товщини клейового шва 3, 6 і 9 мм величина міри повзучості збільшується відповідно не більше, ніж на 4, 8 і 13 % порівняно з величинами міри повзучості цілих зразків. Установлено, що тривала міцність з'єднань не залежить від товщини клейового шва.

Під час експлуатації склеєні елементи будівельних конструкцій піддаються впливу мало- і багатоциклових навантажень.

Із численних видів динамічних дій багатоповерхові промислові будівлі піддаються дії багаторазово повторних навантажень (різноманітні вібраційні машини й установки, транспортні засоби тощо).

Перевірка конструкції на витривалість набуває великого значення в тих випадках, коли вони піддаються систематичному багаторазово повторному впливу. Найбільші абсолютні величини напружень у бетоні з'єднуються, тобто межа витривалості елемента менше межі статичної його міцності [51, 52, 53, 55, 57, 96, 102]. Тому несуча здатність конструкцій за дії динамічних навантажень забезпечується розрахунком їх на витривалість. У разі тривалої дії багаторазово повторного навантаження витривалість несучих конструкцій перевіряють на циклічне навантаження з характеристикою циклу, яка визначається за нормативними значеннями статичного навантаження.

На міцність і витривалість розраховують тільки окремі елементи конструкцій: фундаменти, ригелі, балки, плити, підкранові балки та інші елементи.

Багаторазово повторні навантаження, які відчувають елементи будівельних конструкцій та їхні сполуки, викликаються дією різних машин і механізмів. Зокрема, машини, що встановлюються на рамних фундаментах, турбогенератори (з частотою 25–60 Гц), моторгенератори та інші великі електричні машини (з частотою 3,3–16,5 Гц), компресори, дробарки, різні невірноважені машини,

млини, млини та обертові електропередачі викликають відповідні динамічні навантаження конструкцій фундаментів [55, 57, 96].

Багаторазово повторні навантаження різної частоти, що діють на елементи будівельних конструкцій, викликаються роботою різних машин, а саме: стрижневими млинами МЦС, кульовими млинами МШР і МШЦ з частотою $\omega = 0,2-0,35$ Гц; млинами мокрого алюмоподріблення ММС і млинами рудногалечними з частотою $\omega = 0,13-0,3$ Гц; барабанными змішувачами й окомкователями типу СВЗ, ОБ6, СБ1 з частотою $\omega = 0,07-0,18$ Гц; моторгенераторами, машинами з кривошипно-шатунними механізмами з частотою $\omega = 3,3-10$ Гц і більше, дробарками (щоківі та конусні) з частотою до $\omega \leq 5$ Гц. Крім того, схильні до дії багаторазово повторних навантажень із частотою $\omega \leq 0,1$ Гц опори обертових печей у металургійній, цементній і горнозбагачувальній промисловостях, а також кранові естакади [55, 57, 96].

З аналізу наведених вище величин випливає, що будівельні конструкції найчастіше схильні до дії багаторазово повторних навантажень з частотами $0,07 \leq \omega \leq 10$ Гц.

У процесі експлуатації клейові з'єднання бетонних і залізобетонних конструкцій піддаються постійній чи випадковій дії повторних навантажень. Відомо, що на міцність будівельних матеріалів впливають: рівень напружень η , коефіцієнт асиметрії циклу ρ , частота прикладання навантаження ω і число циклів n .

Л.М. Шутенко, М.С. Золотовим, В.О. Мельман виконали експериментальні дослідження міцності та деформативності з'єднань бетонів із акриловою композицією з частотою багаторазово повторних навантажень 7; 4,2 і 0,1 Гц у роботах [51, 52, 53, 55, 57, 96, 102]. Показано, що при переході від частоти 4,2 Гц до частоти 0,1 Гц відносна межа витривалості з'єднання знижується в середньому на 20 %. Там саме наведені аналітичні залежності для визначення відносної межі тривалої міцності з'єднань залежно від рівня навантажень, числа циклів, характеристики циклу ρ , частоти багаторазово повторного навантаження і класу бетону.

У результаті досліджень встановлено дослідні та розрахункові величини заходів віброповзучості залежно від класу бетону, товщини клейового шва, частоти і рівня напружень багаторазово повторного навантаження. Представлені залежності по аналітичному визначенню величини міри повзучості. Установлено, що деформації віброповзучості склеєних і цілих зразків за однієї і тієї саме частоти повторного навантаження для товщини клейового шва 3, 6 і 9 мм у

середньому збільшуються відповідно на 5, 12 і 18 % порівняно з цілими.

Установлено, що у разі зміни частоти прикладання навантаження з 7 до 0,1 Гц (за інших рівних умов) довговічність з'єднань знижується на порядок (більш ніж в 10 разів), а межа витривалості на 20–25 %.

Дослідження показали, що вологість бетону практично не впливає на міцність з'єднання акриловим клеєм, оскільки у всіх випадках руйнування з'єднань відбувається по бетону [24, 31, 73, 75, 98, 99, 103, 113, 176]. Міцність клейових з'єднань бетонних зразків, виконаних за допомогою акрилових клеїв, дорівнює міцності бетону [24, 31, 73, 75, 98, 99, 103, 113, 176] і не поступається міцності клейових з'єднань бетону епоксидними композиціями.

Застосування акрилової композиції дозволяє склеювати вологі та насичені водою бетонні елементи, омонолічуючи старий бетон новим та забезпечуючи проектну міцність бетонної конструкції. Розміри клейового шва значно не впливають на міцність і витривалість з'єднання, але збільшують їхню деформативність.

Якщо питань міцності та напружено-деформованого стану з'єднання бетонів акриловою композицією приділено значну кількість досліджень, то технологія їхнього створення майже не досліджена. Разом із тим присвячено значну кількість досліджень технологічних властивостей акрилових клеїв: життєздатності, наповнюваності, в'язкості, часу затвердіння та ін.

Аналіз даних науково-технічної літератури показав, що відсутня розроблена технологія з'єднання старого бетону з новим різними композиціями, зокрема і акриловими.

2 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МІЦНІСТЬ З'ЄДНАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ АКРИЛОВИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ

Як зазначено в розділі 1, у практиці будівництва спостерігається з'єднання старого бетону з новим. Із огляду на це були проведені експериментальні дослідження із визначення впливу різних технологічних факторів на міцність зазначеного з'єднання на акрилових клеях. До таких технологічних факторів належать: клас бетону, товщина клейового шару, час затвердіння акрилової композиції та твердіння нового бетону, твердіння нового бетону за знижених температур (нижче 5°C), характер підготовки старого бетону до склеювання.

2.1 Методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження клейових з'єднань старого бетону з новим проводилися за впливи на з'єднання розтягувальних, зсувних (при стисканні) і згинальних зусиль. Поперечний переріз бетонних зразків було знято з розмірами 70 мм × 70 мм, 100 мм × 100 мм і 150 мм × 150 мм (рис. 2.1).

Для склеювання бетонних елементів на підставі раніше проведених досліджень [27–29, 35, 72, 85–90] були підібрані акрилові клеї, склади яких наведено в таблиці 2.1.

Необхідна кількість зразків клейових з'єднань для визначення їх міцності та статистичних характеристик визначалося з теорії планування експерименту [114, 178, 179] за залежністю

$$n = \frac{\gamma^2 t^2}{\rho^2}, \quad (2.1)$$

де γ — варіаційний коефіцієнт (за даними експериментальних досліджень [10, 24, 53] не перевищує 5,40 %);

ρ — показник точності експерименту (не перевищує 5 % [45] при надійності $\alpha = 0,95$);

t — показник достовірності ($t = 2,26$ при показнику точності 5 % [45, 148]).

Згідно з прийнятими показниками, мінімальна кількість дослідних зразків клейових з'єднань кожної серії становить

$$n = \frac{2,26^2 \cdot 5,40^2}{5^2} = 5,94 \approx 6.$$

Таблиця 2.1 – Склад клеїв на основі акрилового полімера для з'єднання старого бетону з новим

Найменування складових клею	Номер складу								Нормативне джерело
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Полімер (порошок АСТ-Т), масова частина	100	100	100	120	140	140	140	160	ТУ-64-2-226-89
Затверджувач (мономер рідина АСТ-Т), масова частина	100	100	100	100	100	100	100	100	ТУ-64-2-226-89
Пісок кварцовий з розміром зерен до 0,14 мм	150– –250			150	150– –250			150	ГОСТ 8736-77
0,315 мм		200– –300				200– –300			- // -
0,63 мм			300– –500				300– –500		- // -

У процесі бетонування масивних конструкцій можливі випадки технологічних перерв, тому змінюється міцність старого бетону. У зв'язку з цим були проведені експерименти із визначення впливу цього фактора на несучу здатність клейового стику на акриловому клеї.

Модуль пружності бетону змінюється залежно від його міцності і відповідно класу. Вплив модуля пружності бетону E_s на міцність клейових стиків старого бетону з новим вивчався під час впливу на зразки клейових з'єднань осьового розтягу та зсуву при стисненні (рис. 2.1, б, в). Випробування проводилися на зразках з поперечним перерізом 70 мм × 70 мм. Вони виготовлялися з бетону класу С8/10, С12/15 і С20/25. Випробування проводилися через 28 діб тверднення бетону в нормальних умовах.

Під час проведення експериментів досліджувався також вплив на міцність з'єднання таких технологічних факторів: вік нового бетону; характер очищення поверхні старого бетону під час підготовки його до склеювання, товщина клейового шару, температура навколишнього середовища при бетонуванні, віку бетонування існуючої бетонної конструкції.

Вплив віку бетону на міцність клейових з'єднань проводилося на зразках з перетином бетонних елементів 100 мм × 100 мм за впливу розтягувальних зусиль (рис. 2.1, б). Випробування проводилися через 1, 5, 7, 14 і 28 діб тверднення бетону.

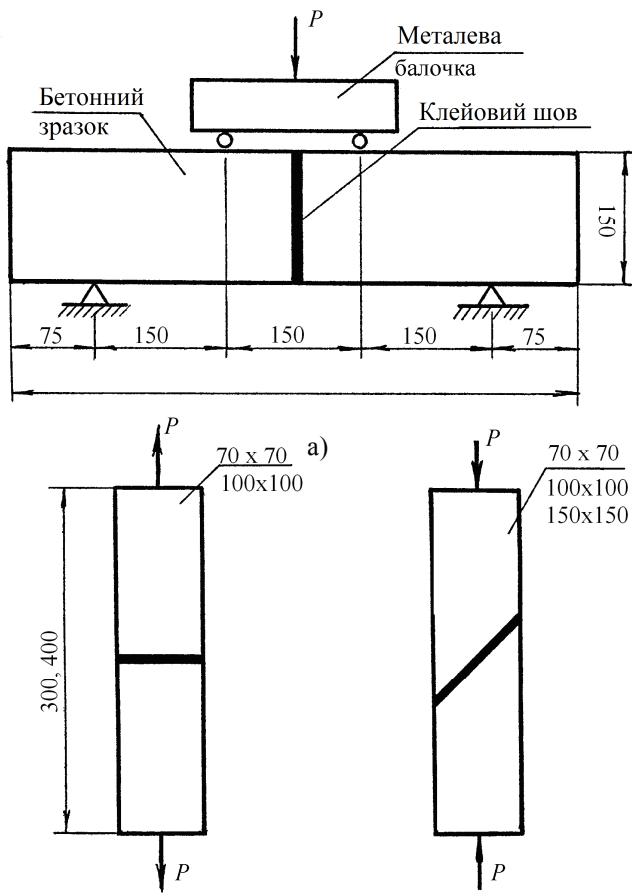


Рисунок 2.1 – Схеми випробувань зразків клейових з'єднань старого бетону з новим на міцність при згинанні (а), розтягуванні (б) і на зрушення при стисканні (в)

Для визначення раціональних витрат акрилової композиції необхідно було визначити залежність несучої здатності клейового з'єднання від товщини клейового прошарку. Були випробувані на осьовий розтяг бетонні балочки розміром $100 \times 100 \times 100$ мм, склеєні акриловим клеєм. В експериментах були прийняті товщини клейового шару, що дорівнюють 3, 6, 9, 12 і 15 мм. Ці розміри враховували реальні випадки товщини клейового шару під час обетонування старого бетону з новим.

Відомо, що нормальними умовами твердіння бетону умовно вважається температура навколишнього середовища 15–20 °С. За температури нижче зазначеної міцність бетону зростає повільніше, а за температури нижче 0 °С твердіння практично припиняється, якщо тільки в бетон не додано солі, що знижує точку замерзання води. Бетон, що почав тверднути, а потім замерз, після відтавання здійснює цей процес в теплому середовищі. Водночас, якщо він не був пошкоджений під час замерзання води на самому початку твердіння, міцність його поступово наростає.

Міцність бетону тим ближче до нормативної, ніж пізніше він був заморожений [65, 93]. Крім того, через раннє заморожування значно зменшується зчеплення бетону зі сталевією арматурою в залізобетоні.

Відповідно до будівельних норм [82, 93] у зимових умовах за середньодобової температури зовнішнього повітря нижче 5 °С і мінімальної добової температурі 0 °С свіжоукладений бетон необхідно оберігати від замерзання до досягнення нею міцності не менше 5 МПа і не менше 50 % проектного класу бетону.

Під час проведення випробувань із визначення впливу негативних температур під час бетонування на міцність клейового з'єднання, зчеплення зразків здійснюється способом «термоса» і застосуванням електропрогрівання.

Зразки для випробувань були прийняті двох типів і виготовлялися з бетону класу C12/15.

Перший тип у вигляді призм (рис. 2.2, б), що складаються з двох половин із клейовим швом під кутом 90° посередині зразка. Одна половина зразка бетонувався раніше іншої, а до неї прибетонувалася друга половина такого ж перетину і такої ж довжини. Попередньо на місце стику старого бетону з новим наносився шар акрилової композиції.

Розміри призм були прийняті 150 мм× 150 мм× 600 мм. Випробування проводилися на вигин завантаженням зразка в розрахунковому прольоті 450 мм (рис. 2.2). От же, під час випробуванні руйнування призми в прольоті відбувалося від моменту, що діє не тільки в місці склеювання і посередині призми, а й в тілі бетону.

Призми відчували на пресі типу Р-20.

Величини напружень зчеплення в розтягнутій зоні визначалися як відношення від руйнівного моменту до моменту опору перерізу

$$\text{зразка } \sigma = \frac{M_{\text{разр}}}{W}.$$

Другий тип зразків (рис. 2.1, в) становив призми, що складаються з двох половин з клейовим швом під кутом 45° посередині зразка. Ці зразки випробовувалися на зрушення при стисненні (рис. 2.3).

Розміри призм були прийняті 100 мм × 100 мм × 400 мм і 150 мм × 150 мм × 600 мм.

Призми випробовувалися на пресі типу П-125.

У роботі визначалася нормальна до площі склеювання напруга, за якої відбувалося руйнування з'єднання. Ця напруга визначалася за формулою:

$$\sigma_\alpha = \sigma_0 \cos^2 \alpha, \quad (2.2)$$

де σ_0 – напруження, що виникло на майданчику, нормального до осі зразка;

α – кут нахилу площі склеювання до осі зразка (у цьому випадку – 45°).

Для цього виду випробувань було виготовлено шість серій зразків. У першій серії бетон твердів за температури навколишнього середовища 20°C , другий – температури навколишнього середовища 5°C , третій – 0°C , четвертий – мінус 5°C , п'ятої та шостої – мінус 10°C . Крім того бетон перших двох серій твердів у природних умовах. Третьої та четвертої серій тепло, необхідне для твердіння бетону, отримали завдяки підігріву води для замішування бетону. У п'ятій серії бетон охороняли від заморожування методом «термоса», а в шостій – електropідігрівом (рис. 2.4.).

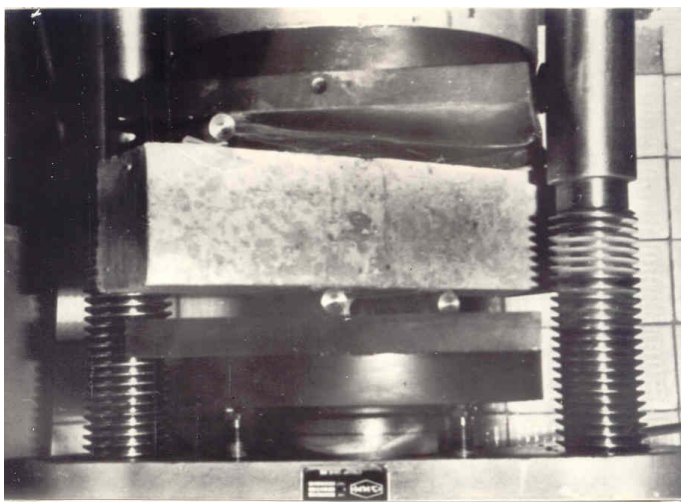


Рисунок 2.2 – Випробування на вигин з'єднань старого бетону з новим

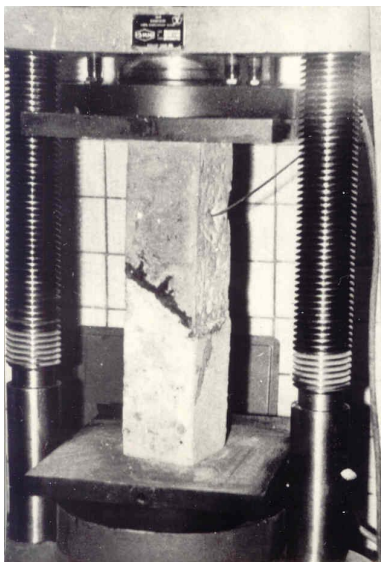


Рисунок 2.3 – Випробування з'єднання старого бетону з новим на зрушення при стисканні

Кожна серія зразків складалася з чотирьох партій. У першій партії як клей застосовувався склад № 1 (табл. 2.1), у другій – склад № 4, у третій – склад № 5, а в четвертій склад № 8. У випадку визначилося вплив складу акрилового компаунда на час досягнення стику проектної міцності.

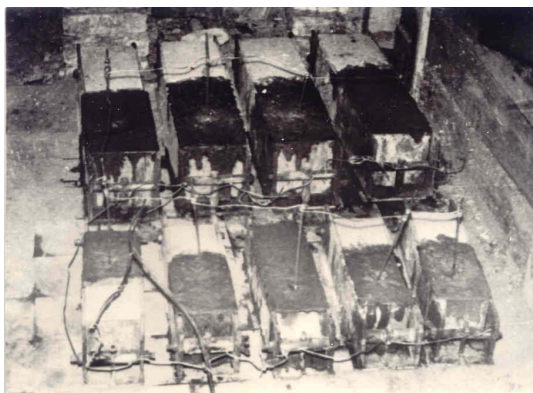


Рисунок 2.4 – Твердіння нового бетону методом електропрогріву

Кожна партія складалася з 18 зразків – по шість зразків кожного типу (відповідно до виразу 2.1), з них 6 зразків для випробувань на вигин і 12 зразків для випробувань на зрушення при стисненні (6 зразків розміром 100 мм × 100 мм × 400 мм і 6 зразків розміром 150 мм × 150 мм × 600 мм).

Усі склади клею готувалися за нормальної температури навколишнього середовища, а склеювання старого з новим вироблялося за заданої температури, після чого зразки залишалися за цієї температури до повного затвердіння клею і набору проектної міцності нового бетону.

Під час проведення експериментів із визначенню впливу способів підготовки поверхні старого бетону до склеювання очищення його здійснювали механічним, термічним і хімічним способами.

Механічне очищення поверхні здійснювали до появи включень крупного заповнювача у бетоні за допомогою ручного та механізованого інструменту. Як ручний інструмент використовували твердосплавну бучарду, а механізованого – шліфувальну машинку, обладнану абразивним кругом, і пневматичний рубальний молоток, оснащений бучардою.

Термічне очищення проводили за допомогою паяльної лампи. Очищувальну ділянку поверхні бетону прогрівали за максимального режиму роботи лампи до появи спеченої структури поверхневої плівки з наступним його видаленням.

Хімічне очищення виконували 30 %-ним розчином соляної кислоти. У цьому випадку очищувану ділянку поверхні бетону обробляли кислотою до повного насичення нею поверхневого шару. Після шести годин впливу кислоти промивали поверхню водою.

Для створення клейових з'єднань використовувався бетон класу C12/15 і акриловий клей складу № 1 (табл. 2.1). Товщина клейового шару становила 2–4 мм. Всього було випробувано п'ять серій зразків, а кожна серія складалася з 6 зразків. Випробування проводили за схемою, зазначеної на рисунку 2.1, а.

При виготовленні бетонних і залізобетонних конструкцій під час ущільнення бетонної суміші на поверхні виявляються високодисперсні, легші частинки цементу, а також мулисті та глинисті частинки, що містяться в заповнювачах. Тому поверхневий шар конструкції за хімічним і механічним складом відрізняється від решти маси бетону. За даними ряду досліджень [12, 17], кількість глинозему і заліза в розчині, що виступає на поверхню ущільненого шару, у 6 разів, а солей сірчаної кислоти в 1,75 рази більше, ніж у нормальному розчині. Хімічний аналіз цементного розчину, зібраного з поверхні

бетону при його ущільненні, свідчить про те, що вона містить значно більше гідратованих алюмініїв та феритів, а також сірчаноокислотних з'єднань і лугів. Крім того, поверхневий шар бетону піддається карбонізації внаслідок поглинання CO_2 з повітря. Усе це створює у верхній частині конструкції плаваючу структуру бетону. У той же час при ущільненні бетону великий заповнювач (щебінь, гравій) виявляється в нижній частині конструкції, створюючи більш щільну контактну структуру, ніж у верхній частині.

Омонолічування старого бетону новим за допомогою акрилових клеїв доводиться виробляти на різні ділянки будівельної конструкції, які можуть виявитися верхом або низом відносно напрямку укладання бетонної суміші в опалубку і її ущільнення. Тому важливо знати вплив у цього фактора на міцність клейового з'єднання старого з новим. У зв'язку з зазначеним у подальшому в роботі використовуються терміни боку бетонування – низ і верх.

Для визначення впливу сторони бетонування на міцність клейового з'єднання як зразки будівельних конструкцій застосовували зразки перетином 150 мм × 150 мм, виготовлені з бетону класу C12/15. Очищення поверхні старого бетону перед омонолічуванням здійснювали шліфувальною машинкою. З'єднання нового бетону зі старим здійснювали на поверхнях, що становлять верх і низ бетонування.

Усього для випробувань підготували 2 серії по 18 зразків у кожній. Така кількість зразків була взято для отримання більш достовірних результатів.

Товщина клейового шару становила 2–4 мм. Випробування проводили за схемою на рисунку 2.1, а.

2.2 Експериментальні дослідження визначення впливу різних технологічних факторів на міцність з'єднання будівельних конструкцій акриловими композиціями

2.2.1 Вплив віку нового бетону на міцність клейового з'єднання

Дослідження із визначення впливу на міцність клейового з'єднання віку бетону проводилися за впливу розтягувальних зусиль на зразки клейових з'єднань. Результати випробувань на розтяг зразків клейових з'єднань з поперечним перерізом 100 мм × 100 мм подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Міцність клейових з'єднань в залежності від віку нового бетону

Вік нового бетону, діб	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	Характер руйнування з'єднання
1	0,35	0,68	по перетину нового бетону
5	0,85	0,7	- // -
7	1,26	0,74	- // -
14	1,79	0,76	- // -
28	2,43	0,78	- // -

Аналіз результатів експериментів свідчить про те, що міцність з'єднання зростає з ростом міцності нового бетону і досягає максимального значення через 28 діб його твердіння. Результати статистичної обробки експериментів показують також, що при цьому зростає коефіцієнт однорідності. Руйнування з'єднань старого бетону з новим відбувалося завжди по новому бетону.

2.2.2 Вплив міцності нового бетону на міцність клейового з'єднання

Дослідження із визначення впливу на міцність клейового з'єднання класу бетону проводилися за схемами, поданими на рисунку 2.1, б і 2.1, в.

Результати випробувань клейових з'єднань на осьовий розтяг і зсув наведені в таблицях 2.3.

Таблиця 2.3 – Міцність клейових з'єднань в залежності від класу бетону

Клас бетону	При розтягуванні		при зсуві		Характер руйнування з'єднання
	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності	
C8/10	0,87	0,64	2,57	0,65	За новим бетоном
C12/15	1,73	0,68	6,79	0,68	- // -
C20/25	2,63	0,73	12,31	0,74	- // -

Аналіз результатів експериментів показує, що зі зростанням міцності бетону зростає і міцність клейового з'єднання старого бетону з новим. Одночасно зростає і коефіцієнт однорідності. Водночас руйнування зразків клейових з'єднань за зазначених видів навантажень

відбувалося по перетину нового бетону. Це явище пояснюється тим, що старий бетон завжди має трохи більшу міцність, ніж новий.

2.2.3 Вплив способів підготовки поверхні старого бетону на міцність клейового з'єднання

Експерименти із визначення впливу на міцність клейового з'єднання способом підготовки поверхні старого бетону до омоноличування новим проводилися згідно з методикою випробувань за схемами, поданими на рисунку 2.1, б і 2.1, в. Результати випробувань подано в таблицях 2.4 і 2.5.

Експерименти із встановленню впливу способів підготовки поверхні старого бетону до склеювання на міцність клейових з'єднань дали такі результати. Руйнування з'єднань мало різний характер: когезійний (за новим бетоном) або адгезійний (за контактом новий – старий бетон). Характер руйнування з'єднань залежав від способу підготовки по поверхні старого бетону до склеювання. Зокрема, піл час очищення поверхні старого бетону хімічним і термічним способами, а також промивання водою руйнування з'єднань мало адгезійний характер. У випадках використання для очищення поверхні старого бетону рубального молотка і ручної бучарди руйнування клейового з'єднання мало змішаний характер: когезійний (за новим бетоном) і адгезійний (за контактом новий – старий бетон). У разі використанні для очищення поверхні бетону абразивного круга руйнування клейового з'єднання відбувалося по новому бетону.

Результати випробувань піддавали статистичній обробці, унаслідок чого були визначені міцність, а також коефіцієнт однорідності клейових з'єднань залежно від способу очищення поверхні. Міцність клейових з'єднань при розтягуванні і зсуві, їх однорідність відповідно склали: за механічного оброблення ручною бучардою – 1,73 і 6,79 МПа, 0,68 і 0,687; за механічного оброблення рубальним молотком – 1,66 і 6,54 МПа, 0,664 і 0,671, за механічного оброблення абразивним кругом – 2,39 і 9,38 МПа, 0,786 і 0,794, за хімічного оброблення – 1,42 і 5,58 МПа, 0,352 і 0,358, за термічного оброблення – 1,68 і 6,59 МПа, 0,365 і 0,372; за промивання водою – 1,48 і 5,82 МПа, 0,457 і 0,452.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про найбільш доцільний спосіб очищення поверхні старого бетону залежно від міцності клейових з'єднань і даних статистичного оброблення експериментальних даних.

Таблиця 2.4 – Міцність клейових з'єднань в залежності від способу підготовки старого бетону до склеювання

Способи підготовки старого бетону до склеювання	При розтягу		При зсуві		Характер руйнування з'єднання
	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності	
Промивлення водою	1,48	0,457	5,82	0,452	за контактом новий бетон – старий бетон
Хімічний	1,42	0,352	5,58	0,358	- // -
Термічний	1,52	0,365	5,83	0,372	- // -
Механічний (за допомогою рубального молотка)	1,66	0,664	6,54	0,671	змішане: когезійний (за новим бетоном) і адгезійне (контакт новий – старий бетон)
Механічний (за допомогою ручної бучарди)	1,73	0,68	6,79	0,687	- // -
Механічний (за допомогою абразивного круга)	2,39	0,786	9,38	0,794	по новому бетону

Встановлено, що перші п'ять способів очищення поверхні бетону характеризуються доволі близькими значеннями міцності клейових з'єднань, але на 30 % меншими, ніж за очищення абразивним кругом.

Таблиця 2.5 – Статистичні показники експериментів із визначенню впливу способу очищення поверхні старого бетону на міцність клейового з'єднання в разі впливу зсувних зусиль

Спосіб очищення поверхні старого бетону	Розкид даних міцності, МПа	Середнє значення міцності, МПа	Середньоквадратичне відхилення, МПа	Коефіцієнт варіації, %
Промивання водою	4,76	5,82	0,823	0,141
	4,93			
	5,65			
	5,89			
	6,77			
	6,92			
Хімічний	4,01	5,58	0,903	0,162
	4,82			
	5,75			
	5,9			
	6,38			
	6,62			
Термічний	4,92	5,83	0,571	0,098
	5,27			
	5,79			
	6,17			
	6,34			
	6,49			
Механічний (за допомогою рубального молотка)	5,48	6,54	0,54	0,083
	6,19			
	6,84			
	6,88			
	6,92			
	6,93			
Механічний (за допомогою ручної бучарди)	6,23	6,79	0,422	0,062
	6,31			
	6,67			
	6,98			
	7,22			
	7,33			
Механічний (за допомогою абразивного кола)	8,08	9,38	0,777	0,083
	8,84			
	9,27			
	9,55			
	10,18			
	10,36			

Відносне зниження міцності з'єднань під час промивання водою, хімічному, термічному і ручному способах очищення, а також у разі використання рубального молотка порівнянно з очищенням абразивним кругом можна пояснити у такий спосіб. Під час хімічного очищення після промивання водою оброблених кислотою ділянок бетону не відбувається повного видалення поверхневої плівки, що призводить до зниження міцності клейового з'єднання. Під час використання термічного способу поверхнева плівка не видаляється внаслідок того, що вона спікається і не піддається відокремлення від основної маси бетону. Це призводить до зниження міцності з'єднання.

Про неякісність водного, хімічного і термічного оброблення поверхні бетону свідчить також великий розкид показань міцності (табл. 2.5) і, отже, низькі значення коефіцієнтів однорідності клейового з'єднання (табл. 2.4).

У разі очищення поверхні бетону вручну і за допомогою рубального молотка відносно низькі показники міцності отримані завдяки появі в поверхневому шарі бетону мікротріщин унаслідок ударних впливів. Однак таке оброблення спричиняє велику однорідність і надійність роботи клейового з'єднання, ніж хімічне, термічне і водою.

Вищі показники міцності клейових з'єднань отримані за механічного способу очищення поверхні бетону за допомогою абразивного круга. У цьому випадку досягається повне видалення поверхневого шару без значного порушення цілісності бетону, про що свідчать високі показники міцності і однорідності з'єднань. Водночас розкид дослідних значень межі міцності відносно низький і характеризується достатньо високим коефіцієнтом однорідності.

Отже, проведені дослідження показали, що міцність клейового з'єднання старого бетону з новим значною мірою залежить від способу оброблення поверхні бетону.

2.2.4 Вплив боку бетонування будівельної конструкції на міцність клейового з'єднання

Результати експериментів із визначення впливу сторони бетонування будівельної конструкції на міцність клейового з'єднання подано в таблиці 2.6.

Руйнування всіх зразків клейових з'єднань відбувалося по новому бетону.

Таблиця 2.6 – Міцність клейових з'єднань в разі приєднання нового бетону до старому, який представляє верх і низ бетонування

Поверхня бетонування	При розтягуванні		При зсуві		Характер руйнування
	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	
Верх бетонування	2,08	0,68	8,16	0,64	по новому бетону
Низ бетонування	2,21	0,69	8,57	0,68	по новому бетону

У разі приєднання нового бетону до поверхні старого бетону, що представляє верх бетонування конструкції, міцність і однорідність клейових з'єднань відповідно склали: при розтягуванні 2,08 МПа і 0,68, при зсуві 8,16 МПа і 0,64. Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що міцність клейових з'єднань у разі приєднання нового бетону до поверхні старого бетону, що представляє низ бетонування трохи вище, ніж для верху бетонування. У цьому випадку міцність з'єднання і однорідність нового бетону зі старим акриловим клеєм відповідно склали: при розтягуванні 2,21 МПа і 0,69, при зсуві 8,57 МПа і 0,68.

Це пояснюється такими причинами. У разі приклеювання до ділянки будівельної конструкції, яка є верхом бетонування, бетон становить плаваючу структуру. Фактично клейове з'єднання представляє собою цементний розчин.

У разі приклеювання до поверхні будівельної конструкції, яка є низом бетонування, бетон являє щільну контактну структуру з вкрапленнями крупного заповнювача. Тут приклейка нового бетону здійснюється і до цементного розчину, і до заповнювача, який набагато міцніше першого. Тому в цьому випадку створюється міцніше з'єднання.

2.2.5 Вплив товщини клейового шару на міцність клейового з'єднання

Результати експерименту із визначення впливу товщини клейового шару на міцність з'єднання старого бетону з новим наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Міцність клейових з'єднань старого бетону з новим за різних товщин клейового шару

Товщина клейового шару, мм	При розтягуванні		При зсуві	
	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання
3	2,39	0,786	9,38	0,794
6	2,41	0,783	9,36	0,788
9	2,38	0,788	9,51	0,772
12	2,42	0,772	9,43	0,782
15	2,41	0,784	9,38	0,786

Аналіз даних експериментів показав, що на міцність з'єднання не впливає товщина клейового шару. Водночас коефіцієнт однорідності з'єднання коливається від 0,772 до 0,794, тобто майже однакова.

Руйнування зразків клейових з'єднань в усіх випадках відбувалося по новому бетону.

2.2.6 Вплив умов тверднення нового бетону на міцність клейового з'єднання

Результати випробувань із визначення впливу на міцність клейових з'єднань за різних умов тверднення подані в таблиці 2.8. Характер руйнування клейових з'єднань старого бетону з новим подано на рисунку 2.5. У всіх випадках руйнувався новий бетон.

Експерименти показали, що зразки клейових з'єднань під час випробувань як на зрушення при стисненні, так і на вигин виявилися рівномісними новому бетону. Умови твердіння бетону не впливають на адгезійну міцність клейових з'єднань. Із наведених даних видно, що кількість полімеру (порошку) у досліджуваних межах не впливає на міцність клейового шва.

Так, випробування зразків клейових з'єднань у разі твердіння нового бетону в нормальних умовах показали, що міцність на вигин склала для складу № 1 (табл. 2.1) – 2,88 МПа, для складу № 4 – 2,72 МПа, для складу № 5 – 2,58 МПа і для складу № 8 – 2,75 МПа.

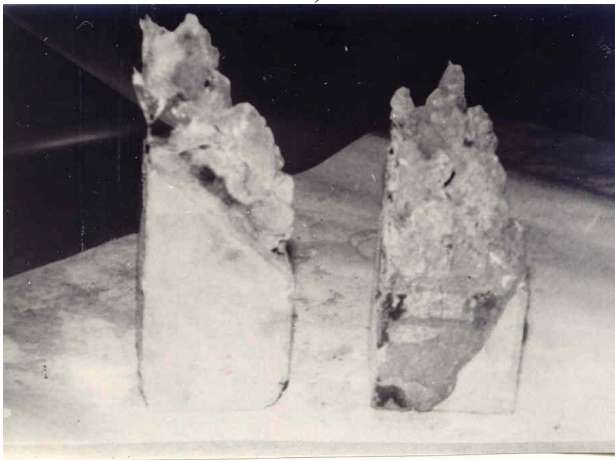
При твердінні нового бетону за температури 5 °С міцність на вигин склала для складу № 1 – 2,92 МПа, для складу № 4 – 2,71 МПа, для складу № 5 – 2,79 МПа і для складу № 8 – 2,85 МПа.

При твердінні нового бетону за температури навколишнього середовища 0 °С із застосуванням підігрітих матеріалів міцність на вигин склала для складу № 1 – 2,74 МПа, для складу № 4 – 2,62 МПа, для складу № 5 – 2,85 МПа і для складу № 8 – 2,69 МПа.

При твердінні нового бетону за температури навколишнього середовища 5 °С із застосуванням підігрітих матеріалів міцність на вигин складала для складу № 1 – 2,61 МПа, для складу № 4 – 2,79 МПа, для складу № 5 – 2,69 МПа для складу № 8 – 2,87 МПа.



а)



б)

Рисунок 2.5 – Характер руйнування клейових з'єднань старого бетону з новим під час випробування на вигин (а) і зрушення при стисненні (б)

При твердінні нового бетону за температури навколишнього середовища 10°C із застосуванням методу «термоса» міцність на вигин склала для складу № 1 – 2,74 МПа, для складу № 4 – 2,63 МПа, для складу № 5 – 2,80 МПа і для складу № 8 – 2,81 МПа.

При твердінні нового бетону за температури навколишнього середовища 10 °С із застосуванням електропрогрівання (рис. 2.4) міцність на вигин склала для складу № 1 – 2,67 МПа, для складу № 4 – 2,78 МПа, для складу № 5 – 2,60 МПа і для складу № 8 – 2,71 МПа.

Міцність клейових з'єднань на зсув при стисненні досліджувалася на зразках двох типів: одні з розмірами 15 см × 15 см × 60 см і другі з розмірами 10 см × 10 см × 40 см.

Випробування зразків клейових з'єднань в разі твердіння нового бетону в нормальних умовах міцність на зрушення при стисненні склала для складу № 1 відповідно 10,95 МПа і 13,64 МПа, для складу № 4 – 10,97 МПа і 12,77 МПа, для складу № 5 – 11,59 МПа і 13,01 МПа і для складу № 8 – 11,21 МПа і 13,37 МПа.

При твердінні нового бетону за температури навколишнього середовища 5 °С міцність на зрушення при стисненні склала для складу № 1 відповідно 11,16 МПа і 13,14 МПа, для складу № 4 – 11,41 МПа і 13,42 МПа, для складу № 5 – 11,00 МПа і 12,95 МПа і для складу № 8 – 11,30 МПа і 13,30 МПа.

Випробування зразків клейових з'єднань в разі твердіння нового бетону при температурі навколишнього середовища 0 °С із застосуванням підігрітих матеріалів показали, що міцність їх на зрушення при стисненні склала відповідно для складу № 1 – 10,80 МПа і 12,61 МПа, для складу № 4 – 10,70 МПа і 12,98 МПа, для складу № 5 – 11,1 МПа і 12,56 МПа і для складу № 8 – 10,94 МПа і 12,89 МПа.

Випробування зразків клейових з'єднань у разі твердіння нового бетону за температури навколишнього середовища -5°C із застосуванням підігрітих матеріалів показали, що міцність їх на зрушення при стисненні склала для складу № 1 відповідно 10,70 МПа і 12,70 МПа, для складу № 4 – 11,04 МПа і 12,59 МПа, для складу № 5 – 10,68 МПа і 13,15 МПа і для складу № 8 – 10,96 МПа і 12,86 МПа.

Випробування зразків клейових з'єднань у разі твердіння нового бетону за температури навколишнього середовища -10°C із застосуванням методу «термоса» показали, що міцність їх на зрушення при стисненні склала відповідно для складу №1 відповідно 10,87 МПа і 12,79 МПа, для складу № 4 – 10,95 МПа і 12,87 МПа, для складу № 5 – 10,76 МПа і 12,66 МПа і для складу № 8 – 10,98 МПа і 12,92 МПа.

Таблиця 2.8 – Міцність клейових з'єднань в залежності від умов твердіння нового бетону

№ з/п	Температура середовища та інші умови твердіння	Міцність клейового з'єднання						Характер руйнування
		На вигин		На зсув				
		Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	Перетин бетонного зразка 100 мм × 100 мм		Перетин бетонного зразка 150 мм × 150 мм		
				Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	Міцність з'єднання, МПа	Коефіцієнт однорідності з'єднання	
1	Температура середи 20 °С	2,73	0,74	13,20	0,68	11,18	0,65	по новому бетону
2	Температура середи 5 °С	2,82	0,72	13,20	0,69	11,22	0,67	- / -
3	Температура середи 0 °С	2,74	0,73	13,10	0,68	10,90	0,66	- / -
4	Температура середи –5 °С (підігрів матеріалів бетонної суміші)	2,72	0,71	12,76	0,65	10,90	0,64	- / -
5	Температура середи –10 °С (твердіння бетону методом «термоса»)	2,74	0,73	12,81	0,66	10,84	0,65	- / -

При твердінні нового бетону за температури навколишнього середовища -10°C із застосуванням електропрогрівання міцність на зрушення при стисненні склала для складу № 1 відповідно 11,60 МПа і 12,89 МПа, для складу № 4 – 10,85 МПа і 12,9 МПа, для складу № 5 – 11,06 МПа і 13,64 МПа і для складу № 8 – 11,36 МПа і 13,18 МПа.

Проведені експерименти показали, що міцність з'єднання старого бетону з новим за допомогою акрилових клеїв визначається міцністю нового бетону і не залежить від складу клею.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що запропоновані склади можуть бути використані для зазначених з'єднань при температурі навколишнього середовища від $+ 20^{\circ}\text{C}$ до -10°C .

3 ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХНІ СТАРОГО БЕТОНУ ДО СКЛЕЮВАННЯ

Як показали експерименти, результати яких наведені в розділі 2 цієї монографії, найвища міцність з'єднання старого бетону з новим була отримана під час використання підготовки старого бетону за допомогою абразивного круга. Тому метою експериментального вивчення процесу підготовки поверхні старого бетону до склеювання було вивчення його технології під час використанні шліфувальних машинок різних конструкцій. Водночас визначали також вплив різних технологічних і конструктивних чинників на тривалість очищення поверхні старого бетону.

3.1 Шліфувальні машинки та їхні технічні характеристики

У будівництві для очищення поверхні бетону застосовуються шліфувальні машинки, що випускаються в Україні і СНД: Виборзького заводу «Електроінструмент», Калузького заводу транспортного машинобудування, Назранського заводу «Електроінструмент» з електричним приводом, Московського заводу «Пневмобудмашина» та ін. (табл. 3.1, 3.2).

Залежно від виду робіт використовують машинки різних типів (пряма, кутова з гнучким валом і торцева) і потужності, з великим вибором діаметра шліфувального круга (100, 125, 150, 200, 225 мм).

Наразі поряд із традиційними механічними засобами застосовують електроінструменти провідних європейських виробників: SPARKY, Makita, BOSCH, ELTOS, BLACK & DECKER, HANSE-ATIC та ін. (табл. 3.3).

Великий вибір технічних засобів для поверхневого очищення бетону дає можливість підібрати для різного об'єму та місця робіт альтернативний варіант і тим самим знизити трудові й матеріальні витрати на їхнє виконання.

Для експериментальних досліджень з очищення поверхні бетону застосовували шліфувальну машинку ELTOS потужністю 2000 Вт і вагою 4,6 кг. Як робочі насадки використовували абразивні диски фірми «Зонненфлекс».

На рисунку 3.1 показана шліфувальна машинка ELTOS: а) з універсальним (швидко очищує) абразивним кругом з розміром зерен 24, а також б) з чашковим абразивним диском (швидко шліфують, із тривалим терміном використання) із розміром зерен 30.

Таблиця 3.1 – Типи шліфувальних машинок із електричним приводом

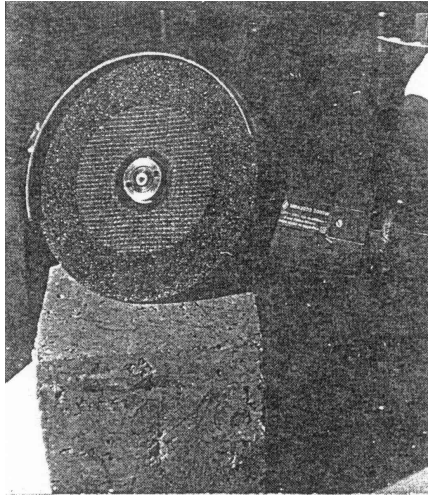
Марка	Тип машини	Потужність електродвигуна (КВт)	Напруга, (В)	Діаметр шліфувального круга (мм)	Виробник
1	2	3	4	5	6
ИЭ-2005 (Э-2003)	пряма	0,40	220	100	Назранський завод «Електроінструмент»
ИРШ-3	пряма	0,40	220	200	Калуський завод транспортного машинобудування
ИЭ-2002 (С-499А)	пряма	0,80	36	150	Даугавпільський завод «Електроінструмент»
ИЭ-2004 (Э-2005)	пряма	0,80	36	150	Виборзький завод «Електроінструмент»
ИЭ-6103	пряма з гнучким валом	0,80	220	200	Виборзький завод «Електроінструмент»
ИЭ-6103	кутова з гнучким валом	0,80	220	125	Виборзький завод «Електроінструмент»
С-475	пряма з гнучким валом	1,00	220	200	Виборзький завод «Електроінструмент»
С-475	кутова з гнучким валом	1,00	220	125	Виборзький завод «Електроінструмент»
ИЭ-82-1А	пряма і кутова з гнучким валом	0,80	220	200	Виборзький завод «Електроінструмент»
МШУ 120-230 (А)	кутова	2,00	220	230	Сімферопольський завод «Фіолент»

Таблиця 3.2 – Типи шліфувальних машинок з пневматичним приводом

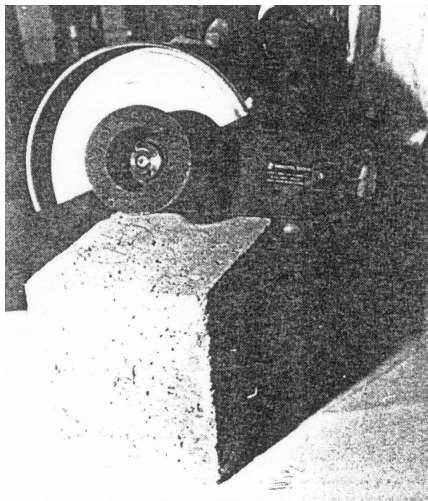
Марка	Тип машини	Потужність двигуна (л.с.)	Тиск стисненого повітря (атм.)	Витрата повітря (м / хв.)	Діаметр повітропроводного шланга в світлі (мм)	Діаметр шліфувального кола (мм)	Виробник
1	2	3	4	5	6	7	8
ИП-2002 (П-2020)	пряма	1,0	5	1,2	12	100	Московський завод «Пневмобудмашина»
ИП-2001 (П-2013)	пряма	1,7	5	1,5	12	150	Московський завод «Пневмобудмашина»
ЭПМ-1,5-150	пряма	1,5	6	1,9	13	150	Мінський завод Мінбудшляхмашем
ИП-2203 (И-2203)	торцева	1,8	5	1,6	16	125	Свердловський завод «Пневмобудмашина»
ИП-2204	торцева	2,0	5	2,0	18	175	Московський завод «Пневмобудмашина»
ИП-2205	торцева	2,5	5	2,5	18	225	Московський завод «Пневмобудмашина»

Таблиця 3.3 – Типи шліфувальних машинок закордонного виробництва з електричним приводом

Тип машини	Потужність, Вт	Вага, кг	Число оборотів у хв.	Діаметр шліфувального круга (мм)	Виробник
1	2	3	4	5	6
KG 12E (кутова)	600	1,6	2 800–10 000	115	BLACK & LECKER (Німеччина)
WSC 115 (кутова)	580	2,3	11 000	115	HANSEATIC (Німеччина)
PWS 20-230J (кутова)	2 000	4,2	6 500	230 та ін.	BOSCH (Німеччина)
PC 1100-Set 110 мм. (пряма)	1 020	4,3	10 000	110 (алмазний)	Makita (з пилепоглощаючим пристроєм)
9565 CVL (кутова)	1 400	1,8	2 000–6 800	125	Makita
POWER TOOLS (кутова)	600	1,3	2 800–11 000	115	SPARKY (Болгарія)
FB6	1 200	3,4	9 500	152,4	SPARKY (Болгарія)
FB7	2 100	5,6	6 600	177,8	SPARKY (Болгарія)
M 1050 (кутова)	1 050	1,7	10 000	125	SPARKY (Болгарія)
G13SD (кутова)	800	1,6	10 000	125	Hitachi (Японія)
GNS 14 (двуручна кутова)	1 400	4,6	1 900	150	BOSCH (Німеччина)
BA-2000 (двуручна кутова)	20 000	4,6	6 500	230 та ін.	ELTOS (Болгарія)



а)



б)

Рисунок 3.1 – Шліфувальні машинки фірми ELTOS з робочими насадками: а – абразивний круг із розміром зерен 24; б – чашковий абразивний диск із розміром зерен 30

3.2 Вплив технологічних і конструктивних чинників на тривалість процесу очищення поверхні старого бетону шліфувальними машинками

Експерименти з очищення поверхні бетону за допомогою шліфувальних машинок проводили для визначення часу очищення поверхні залежно від площі приклеювання (очищення), сторони бетонування, міцності бетону і виду абразивного круга (крупність зерен 16–24 – грубе зерно, 30–60 – середнє зерно, 70–220 – дрібне зерно). Згідно з даними експериментів (розділ 2.2.3 цієї роботи) очищення поверхні старого бетону проводили до появи краплень великого наповнювача.

3.2.1 Вплив площі очищення поверхні бетону і сторони бетонування існуючої конструкції

Як робоча насадка використовували дискові та чашкові абразивні круги з розміром зерен 16.

Очищення робили на зразках бетону класу С12/15 на поверхнях, що представляють низ і верх бетонування.

Площу очищення брали виходячи з площі з'єднання старого бетону з новим S . Вона дорівнювала 400, 800, 1 200, 1 600 і 2 000 см².

На рисунках 3.2 і 3.3 подані зразки, підготовлені до очищення поверхні бетону дисковими і чашковими кругами.

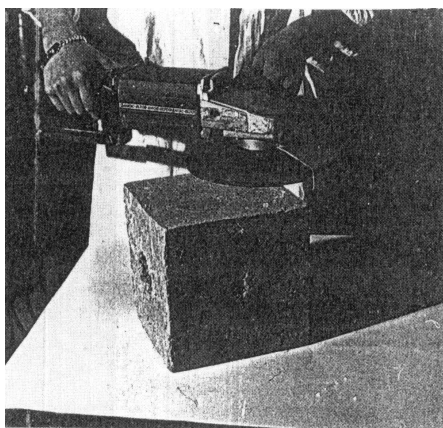


Рисунок 3.2 – Зразок підготовлений до очищення поверхні старого бетону дисковим кругом

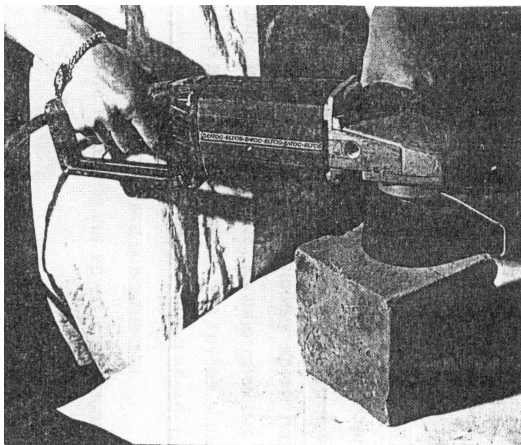


Рисунок 3.3 – Зразок підготовлений до очищення поверхні старого бетону чашковим кругом

Було випробувано на початку чотири партії: для низу і верху бетонування, чашковими і дисковими абразивними кругами. Кожна з партій складалася з п'яти серій зразків залежно від площі поверхні бетону під очищення.

Кількість зразків у кожній серії визначали виходячи з теорії планування експериментів [76] за формулою:

$$n = \frac{v^2 \cdot t^2}{p^2},$$

де v – варіаційний коефіцієнт (не перевищує 7,69) [13, 61];

p – показник точності експерименту (не перевищує 5 %) [114];

t – показник достовірності $t = 2,26$ за показника точності 5 % [114].

У цьому випадку необхідне число зразків склало

$$n = \frac{2,26^2 \cdot 7,69^2}{25} = 11,95 \approx 12.$$

Усього було випробувано 20 серій, у кожній по 12 зразків. У всіх експериментах час, витрачений на очищення зразків, хронометрували за допомогою секундоміра.

3.2.2 Вплив крупності зерен абразивного круга

Роботу проводили шліфувальною машинкою ELTOS, MBA 2000 (кутова, двуручна). Як робочі насадки використовували чашкові абразивні круги з різною значущістю зерен. Відповідно до існуючої номенклатури [20, 72] абразивні круги поділяються на крупно-, середньо- і крейдокозерністі. Грубозерністі мають кодову нумерацію від 16 до 24 і застосовуються для грубої обробки поверхонь, середньозерністі – від 30 до 60 для середньої обробки, а дрібнозерністі – від 70 до 220 і для шліфування поверхонь.

В експерименті використовували кола з великими (16, 20 і 24) і середніми (30 і 34) зернами.

Очищення поверхонь виконували на зразках бетону класу C12/15 площею 225 см². Усього було підготовлено п'ять серій, кожна з яких складалася з 12 зразків. На рисунку 3.3 показаний зразок, підготовлений для очищення поверхні старого бетону чашковим абразивним кругом.

3.2.3 Вплив міцності бетону

Для визначення впливу міцності бетону на час очищення його поверхні експерименти проводили на зразках бетону класів C8/10; C10/12,5; C12/15; C16/20; C20/25 і площею 225 см². Всього було підготовлено шість серій (залежно від класу бетону), кожна з 12 зразків. Як робочу насадку використовували чашковий абразивний круг з розміром зерен 16.

На рисунку 3.3 показаний зразок, підготовлений до очищення поверхні старого бетону чашковим кругом.

3.3 Експерименти із дослідження впливу технологічних і конструктивних чинників на тривалість процесу очищення поверхні старого бетону шліфувальними машинками

3.3.1 Залежність часу очищення поверхні старого бетону абразивним кругом різного типу від площі склеювання і сторони бетонування існуючої конструкції

Результати експериментального визначення часу очищення поверхні старого бетону в залежності від площі склеювання і сторони бетонування абразивним кругом різного типу подано в таблиці 3.4. На рисунку 3.4 поданий зразок поверхні старого бетону після очищення абразивними кругами.

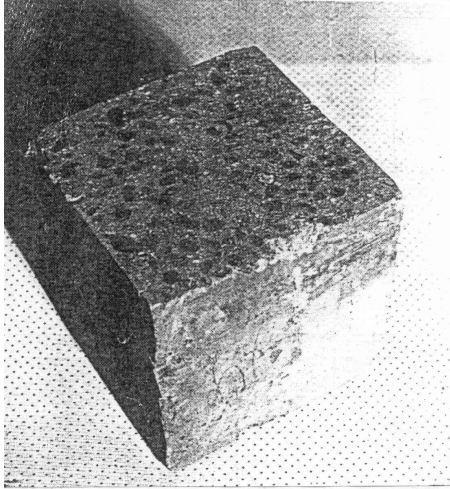


Рисунок 3.4 – Вигляд поверхні старого бетону після очищення
(Підготовлений до склеювання)

На рисунках 3.5 і 3.6 подано графіки зміни часу очищення поверхні старого бетону t_n залежно від площі склеювання і верху або низу бетонування існуючої конструкції різними типами абразивних кіл.

Графіки побудовані за результатами обробки отриманих експериментальних даних методами математичної статистики за допомогою спеціальної комп'ютерної програми. Вони описуються рівнянням регресії:

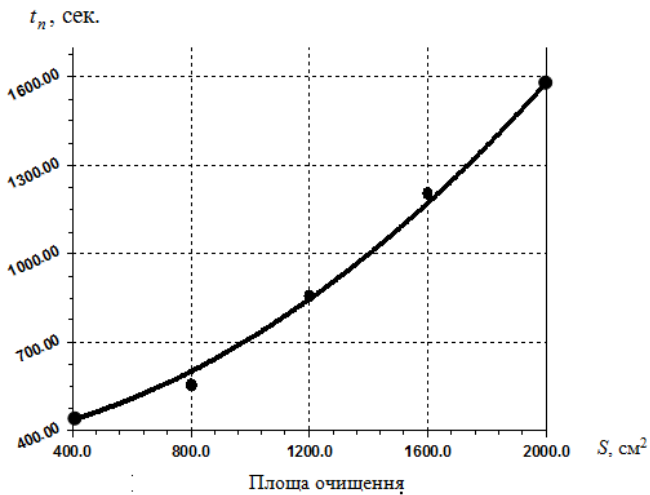
$$t_n = a + bS + cS^2, \quad (3.1)$$

де t_n – час очищення поверхні старого бетону, с; a (с), b (с/см²·см); c (с/см²·см²) – дослідні параметри, наведені в таблиці 3.5.

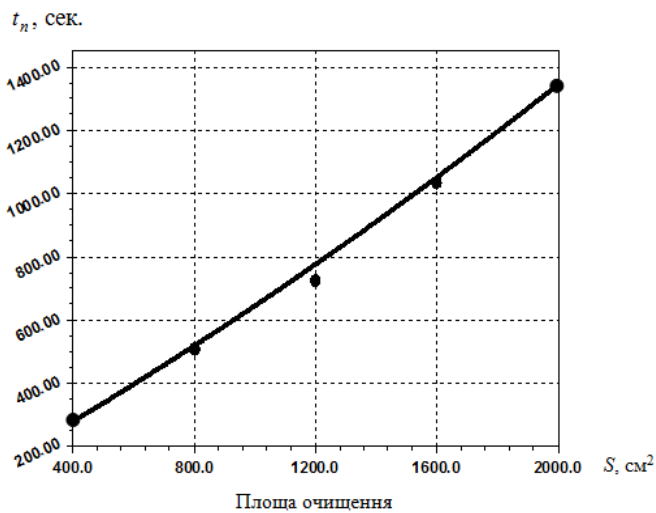
Аналіз результатів експериментів показав, що час очищення поверхні бетону багато в чому залежить від площі склеювання. Зокрема, для очищення поверхні старого бетону, що представляє низ бетонування, площею $S_1 = 400$ см² необхідно в середньому витратити $t_{n1} = 390$ с, а для площі $S_2 = 800$ см² було витрачено $t_{n2} = 510$ с, для $S_3 = 1200$ см² – $t_{n3} = 725$ с, для $S_4 = 1600$ см² – $t_{n4} = 1036$ с, для $S_5 = 2000$ см² – $t_{n5} = 1375$ с.

Таблиця 3.4 – Залежність часу очищення поверхні старого бетону від площі склеювання та сторони бетонування різними типами абразивних кіл

Площа очищення, см ²	400			800			1200			1600			2000		
	Розкид даних часу очищення бетону, секунд	Середнє значення, секунд	Коефіцієнт однорідності	Розкид даних часу очищення бетону, секунд	Середнє значення, секунд	Коефіцієнт однорідності	Розкид даних часу очищення бетону, секунд	Середнє значення, секунд	Коефіцієнт однорідності	Розкид даних часу очищення бетону, секунд	Середнє значення, секунд	Коефіцієнт однорідності	Розкид даних часу очищення бетону, секунд	Середнє значення, секунд	Коефіцієнт однорідності
а) чашкові круги															
Верх бетонування	437–481	459	0,8	525–587	556	0,78	822–895	858	0,76	1161–1248	1 204	0,73	1506–1623	1564	0,7
Низ бетонування	370–410	390	0,82	483–533	508	0,8	694–754	725	0,77	1002–1070	1 036	0,75	1332–1414	1372	0,72
б) дискові круги															
Верх бетонування	431–481	468	0,8	516–575	544	0,78	818–892	862	0,76	1165–1253	1 200	0,73	1514–1631	1582	0,7
Низ бетонування	372–412	392	0,82	486–538	512	0,8	695–758	727	0,77	998–1066	1 032	0,75	1338–1419	1378	0,72

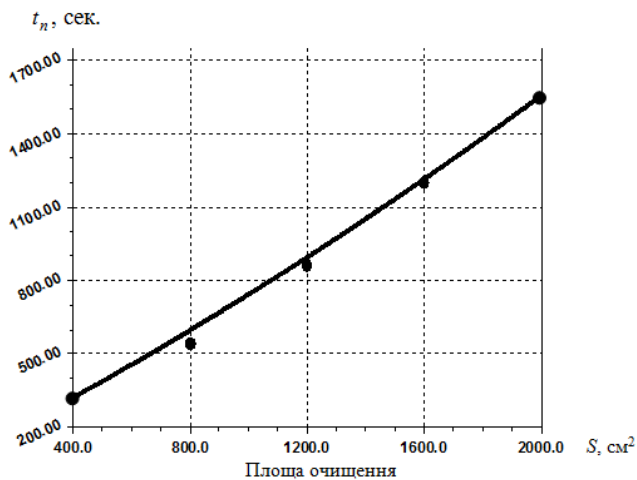


а)

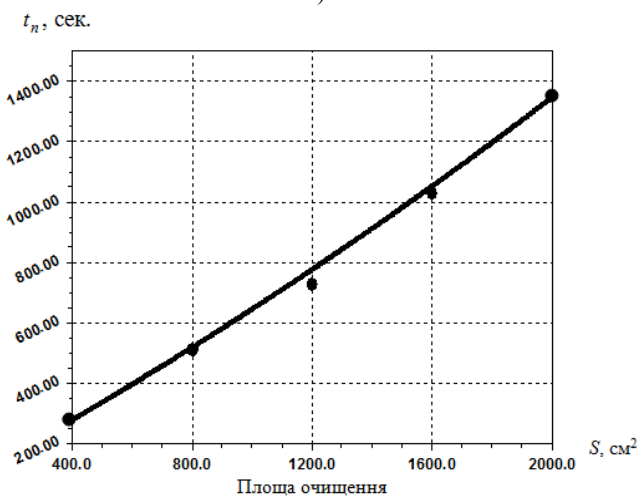


б)

Рисунок 3.5 – Залежність часу очищення поверхні старого бетону чашковими колами від площі склеювання і сторони бетонування конструкції:
а – верх бетонування; б – низ бетонування



а)



б)

Рисунок 3.6 – Залежність часу очищення поверхні старого бетону дисковими колами від площі склеювання і сторони бетонування конструкції:
а – верх бетонування; б – низ бетонування

Таблиця 3.5 – Значення дослідних параметрів (a , b і c) рівняння (3.1) описує графіки (рис. 3.5 і 3.6), а також коефіцієнтів кореляції і середньоквадратичних помилок рівнянь регресії

Поверхня бетонування	Коефіцієнти			r , коефіцієнт кореляції	S , середньоквадратична помилка рівняння регресії
	a	b	c		
чашкові круги					
верх	355,8	0,104	0,000 3	0,997	44,12
низ	57,8	0,532	0,000 56	0,992	80,22
дисккові круги					
верх	68,21	0,607	0,000 69	0,99	101,39
низ	59,21	0,531	0,000 57	0,991	81,55

Дані таблиці 3.4 і графіків рисунків 3.5 і 3.6 також свідчить, що зі збільшенням площі очищення під склеювання зменшується коефіцієнт однорідності показника його часу. Зокрема, коефіцієнт однорідності для площі поверхні бетону $S_1 = 400 \text{ см}^2$ склав $k_{одн} = 0,82$, для $S_2 = 800 \text{ см}^2 - k_{одн} = 0,8$, для $S_3 = 1\ 200 \text{ см}^2 - k_{одн} = 0,77$, для $S_4 = 1\ 600 \text{ см}^2 - k_{одн} = 0,75$, для $S_5 = 2\ 000 \text{ см}^2 - k_{одн} = 0,72$.

Ці дані говорять про те, що збільшення площі склеювання призводить до значного зростання часу на очищення бетону. У той же час порівняння даних таблиці 3.4 і графіків рисунків 3.5 і 3.6 показує, що на тривалість очищення поверхні бетону істотно не впливає форма абразивного круга – дискова або чашкова.

Порівнюючи витрати часу на очищення поверхні старого бетону, що представляє верх і низ бетонування, визначили, що на підготовку поверхні бетону, що представляє низ бетонування, витрачається в середньому на 18 % менше часу, ніж на ту ж площу, що представляє верх бетонування. Зокрема, для очищення поверхні старого бетону, що представляє верх бетонування, площею $S_1 = 400 \text{ см}^2$ було витрачено в середньому $t_{n1} = 464 \text{ с}$, а для площі $S_2 = 800 \text{ см}^2 - t_{n2} = 550 \text{ с}$, $S_3 = 1\ 200 \text{ см}^2 - t_{n3} = 860 \text{ с}$, $S_4 = 1\ 600 \text{ см}^2 - t_{n4} = 1\ 200 \text{ с}$, $S_5 = 2\ 000 \text{ см}^2 - t_{n5} = 1\ 570 \text{ с}$.

Одночасно відзначається зменшення коефіцієнта однорідності цього показника, який відповідно дорівнює 0,8; 0,78; 0,76; 0,73 і 0,7. Це говорить про те, що верх бетонування конструкції має велику неоднорідність, ніж низ. Це явище пояснюється такими причинами. По-перше, у разі ущільнення бетонної суміші на поверхню спливають високодисперсні легші частинки цементу, а також мулисті та глинисті частинки, що містяться в заповнювачах. Тому поверхневий шар за хімічним і механічним складом відрізняється від решти маси бетону. По-друге, у разі ущільнення бетону великі заповнювачі (щебінь, гравій) опускаються в нижню частину конструкції, створюючи щільну

структуру. Звідси випливає необхідність зняття значного шару бетону, що представляє верх бетонування, товщина якого становить 4–8 мм.

Низ бетонування, що має більш щільну структуру, дозволяє зняти поверхневий шар товщиною всього 1–3 мм.

Аналіз результатів експериментів дозволив визначити середнє значення часу очищення поверхні бетону. Воно становить для поверхні бетону класу С12/15 площею 1 дм² у разі очищення абразивним кругом з розміром зерен 16–162 с, а для низу бетонування – 135 с.

3.3.2 Вплив крупності зерен абразивного круга на час очищення поверхні старого бетону

Результати експериментального визначення впливу крупності зерен абразивного круга на час очищення поверхні старого бетону подано в таблиці 3.6. Вигляд поверхні старого бетону представлений на рисунку 3.4.

На рисунку 3.7 подано графік зміни часу очищення поверхні старого бетону залежно від крупності зерен абразивного круга.

Таблиця 3.6 – Вплив крупності зерен абразивного круга на час очищення поверхні старого бетону площею 225 см²

Крупність зерен абразивного круга (код)	Розкид даних часу очищення поверхні бетону, с	Середнє значення, с	Коефіцієнт однорідності
16	157...163	160	0,92
20	166...179	170	0,9
24	180...192	186	0,86
30	226...234	230	0,83
34	250...278	264	0,79

Графік побудований за результатами обробки отриманих експериментальних даних методами математичної статистики за допомогою спеціальної комп'ютерної програми. Він описується рівнянням регресії:

$$t_n = a + bD + cD^2,$$

де t_n – досвідчені параметри в секундах; $a = 2,83$ с, $b = 10,02$ с;

$c = -0,27$ с;

D – крупність зерен абразивного круга (код).

Для отриманого рівняння регресії коефіцієнт кореляції склав $r = 0,993$, а середня квадратична похибка $S = 13,66$.

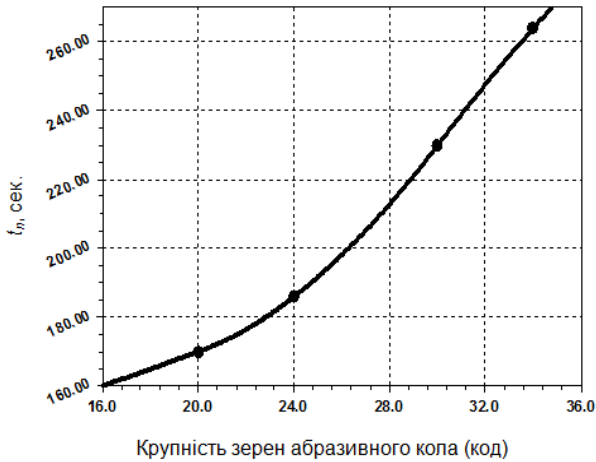


Рисунок 3.7 – Залежність часу очищення поверхні бетону від крупності зерен абразивного круга

Крім того на підставі експериментальних даних (табл. 3.6) побудована гістограма залежності часу очищення поверхні старого бетону від крупності зерен абразивного круга (рис. 3.8).

Аналіз цих даних свідчить, що на час очищення поверхні бетону впливає крупність зерен абразивного круга. Наприклад, на очищення поверхні бетону площею 225 см^2 абразивним кругом з грубим зерном 16, 20, 24 відповідно було витрачено 160, 170, 186 секунд.

Використання абразивних кіл із розміром зерен 16–24 (код) для очищення поверхні старого бетону характеризуються близькими значеннями часу очищення бетону і високими показниками коефіцієнта однорідності. Це пояснюється тим, що такі абразивні круги, маючи грубу крупність зерен, збільшують силу тертя. Водночас не порушується суцільність бетону і відбувається повне видалення поверхневого шару.

Що стосується абразивних кіл із середньою крупністю зерен, то за крупності 30 і 34 відповідно витрачається в середньому 230 і 264 секунд. Показання часу при очищенні колами із середньою крупністю зерен вище, ніж за грубої. Це пояснюється тим, що найбільший заповнювач на поверхні бетону ускладнює процес очищення абразивним кругом з середньою крупністю зерен, оскільки сила тертя тут менше і відповідно коефіцієнт однорідності нижче: 0,83 і 0,79.

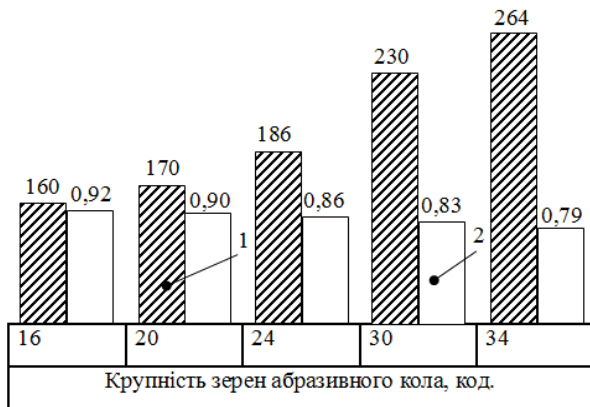


Рисунок 3.8 – Гістограма зміни значення часу очищення поверхні бетону площею 225 см² від крупності зерен абразивного кола:
1 – середнє значення часу, с; 2 – коефіцієнт однорідності

Таблиця 3.7 – Коефіцієнт залежності часу очищення поверхні 1 дм² бетону від крупності зерен шліфувального кола (k_1)

Крупність зерен				
16	20	24	30	34
$k_1 = 1$	$k_1 = 1,05$	$k_1 = 1,15$	$k_1 = 1,44$	$k_1 = 1,64$

На основі експериментальних даних (табл. 3.5) визначали коефіцієнт залежності часу очищення поверхні бетону від крупності зерен абразивного кола (k_1) (табл. 3.7) за виразом:

$$k_1 = \frac{t_{ni}}{t_{n1}}, \quad (3.3)$$

де t_{n1} – час очищення абразивним кругом із розміром зерен 16 (код);

t_{ni} – час очищення абразивними колами відповідно із розміром зерен 20, 24, 30 і 34 (код).

3.3.3 Вплив міцності бетону на час очищення його поверхні

Результати цих експериментів наведені в таблиці 3.8 і на графіку рисунку 3.8. На рисунку 3.4 показані зразки поверхні бетону після очищення.

Таблиця 3.8 – Вплив класу бетону на час очищення його поверхні

Показники	Клас бетону				
	C8/10	C10/12,5	C12/15	C16/20	C20/25
Розкид даних часу очищення бетону, с	133–141	144–152	152–168	181–197	196–250
Середнє значення, с	137	148	160	189	223
коефіцієнт однорідності	0,82	0,83	0,85	0,89	0,91

Графік на рисунку 3.8 побудований за результатами обробки отриманих експериментальних даних методами математичної статистики за допомогою спеціальної комп'ютерної програми. Він описується рівнянням регресії:

$$t_n = \frac{a + bC}{1 + cC + dC^2}, \quad (3.4)$$

де B – клас бетону; дослідні параметри: $a = 0,0012$ с, $b = 99,45$ с; $c = 0,7742$ і $d = -0,0147$ (безрозмірні параметри).

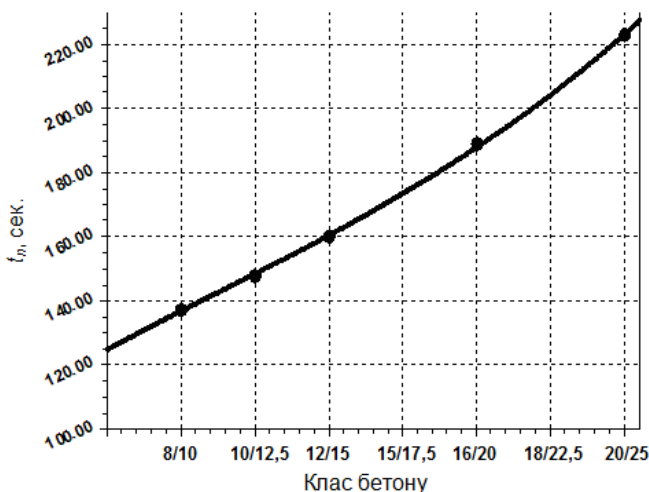


Рисунок 3.8 – Залежність часу очищення поверхні бетону площею 225 см^2 від його міцності (клас бетону)

Для отриманого рівняння регресії коефіцієнт кореляції склав $r = 0,999$, а середня квадратична похибка $S = 0,7635$.

Аналіз даних експериментів і статистичної обробки говорять про наступне. Час очищення поверхні старого бетону залежить від його міцності. Зокрема, на очищення поверхні бетону класів С8/10; С10/12,5; С12/15 – відповідно 137, 148, 160 секунд. На ту ж площу поверхні бетону класів С16/20 і С20/25 було витрачено більше часу – 189 і 223 секунд. Коефіцієнт однорідності при цьому відповідно збільшується: 0,80; 0,82; 0,83; 0,85; 0,89; 0,91. Це явище пояснюється тим, що чим вище клас бетону, тим більше його щільність і міцність, і відповідно більше зусиль необхідно витрачати на руйнування його структури.

Таблиця 3.9 – Коефіцієнт залежності часу очищення поверхні 1 дм² бетону від класу бетону і сторони бетонування (k_2)

Сторона бетонування конструкції	клас бетону				
	С8/10	С10/12,5	С12/15	С16/20	С20/25
верх	$k_2 = 1,22$	$k_2 = 1,42$	$k_2 = 1,44$	$k_2 = 1,7$	$k_2 = 2$
низ	$k_2 = 0,85$	$k_2 = 0,93$	$k_2 = 1$	$k_2 = 1,18$	$k_2 = 1,39$

На підставі даних, наведених в таблиці 3.7, визначали коефіцієнт залежності часу очищення поверхні 1 дм² бетону від класу бетону і сторони бетонування (k_2) (табл. 3.9) за виразом:

$$k_2 = \frac{t_{nBi}}{t_{nB8}}, \quad (3.5)$$

де t_{nB8} – час очищення поверхні бетону класу С8/10;

t_{nBi} – час очищення поверхні бетону класів більш С8/10 (табл. 3.8, рис. 3.8).

4 ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ АКРИЛОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА ПОВЕРХНЮ СТАРОГО БЕТОНУ

У разі необхідності з'єднання існуючої будівельної конструкції з новим бетоном за допомогою акрилових клеїв на поверхню старого бетону необхідно його нанести. Це можна виконати із застосуванням ручних і механізованих інструментів. Використання зазначених типів інструментів залежить від обсягів робіт та їхніх умов. За малих обсягів робіт і площі склеювання до 10,0 дм² нанесення клею на поверхню старого бетону рекомендується виконувати вручну. Наперед, нанесення клею на горизонтальну поверхню старого бетону здійснюється за допомогою кельмою, рейок, кистей поливом або іншими способами [125, 128, 132]. Нанесення клею на вертикальні поверхні здійснюється також за допомогою кельми, кистей, шпателів, валиків та інших способів. Ці способи відрізняються простотою і не вимагають особливих навичок і майстерності.

За значних обсягів робіт з метою зниження трудових витрат для нанесення на вертикальні та горизонтальні поверхні старого бетону необхідно застосовувати механізований ручний інструмент (типу розпилювачів різних марок [14, 21, 90]).

Для цього випадку необхідно знати важливу технологічну характеристику акрилової композиції – її в'язкість.

У цьому розділі наводяться результати експериментальних досліджень в'язкості акрилової композиції та технологія нанесення її на поверхню старого бетону.

4.1 В'язкість акрилової композиції

4.1.1 Приготування акрилової композиції

Як зв'язувальне акрилової композиції, на підставі виконаних раніше досліджень [18, 35, 37, 42, 43, 46, 47, 49–53, 111, 112, 114, 124, 127, 163] обраний компаунд холодного затвердіння АСТ-Т [88]. Компаунд складається з двох частин: полімеру в порошку (суспензійний полімерметілметакрілат, що містить 1,0 % пероксиду бензоїлу) і рідкого мономера-затверджувача (метиловий ефір метакрилової кислоти), додатково містить активатор (3,0 % диметиланіліна) та інгібітор (0,02 % гідрокінона).

Акриловий компаунд характеризується низькою трудомісткістю його приготування, швидким (2,5–4,0 год.) затвердіння за нормальної температури без додатка додаткового тиску і підігріву, низькою і

регульованою в'язкістю, задовільними фізико-механічними властивостями затвердіння продукту (табл. 4.1).

Термін зберігання компонентів – рідкого 1 рік, порошку – не обмежений.

З аналізу виконаних досліджень [10, 22, 25, 26, 28, 31, 34] випливає, що найбільш доцільним як з економічного так і екологічного погляду, є використання як наповнювача акрилової композиції природного кварцового піску з розміром зерен від 0,16 мм до 1,25 мм (ДСТУ Б В.2.7-32-95). Особливих вимог до вологості наповнювача не висувається. Перед використанням пісок ретельно промивається, просушується і просівається.

Приготування акрилової композиції робиться за такою схемою. Полімер вводився в мономер-затверджувач за безперервного перемішування. У результаті змішування полімер набухав у мономірі до консистенції, що виключає його осідання. Закінчення набухання характеризувалося отриманням одноколірної липкої маси з умовною в'язкістю за віскозиметром Сутгарда 38–40 см.

Таблиця 4.1 – фізико-механічні властивості твердого компаунда АСТ-Г (згідно ТУ 64-2-226-90)

Властивості	Критичний показник для сорту	
	вищого	першого
Питома ударна в'язкість, Дж / м ²	5,0	3,5
Водопоглинання за 24 години, %, не більше	0,3	0,5
Межа міцності при статичному вигині, МПа, не менше	65,0	65,0
Межа міцності при стисненні, МПа, не менше	65,0	63,0
Твердість за Брінеллем, кгс / см ² , не менше	5,0	3,0
Теплостійкість за Маргенсом, °С, не менше	50	45

Умовну в'язкість визначали циліндричним віскозиметром Сутгарда. Шляхом вимірювання діаметра розпливання (у сантиметрах) досліджуваної маси на горизонтально розташованому склі.

Швидкість набухання вимірювали по проміжку часу з моменту змішування компонентів сполучного до придбання ним в'язкості, відповідної оптимальному стану маси для наповнення піском. Для цього в декількох посудинах змішували мономер з полімером, потім у ході набухання суміші в судини вводили задану кількість кварцового піску і візуально визначали однорідність перемішування. Одночасно з цим за віскозиметром Сутгарда знаходили умовну в'язкість складу, відповідну кращому ступеню перемішування. Склад підбирали за температури 20±2 °С, час набухання визначали за 0°С, 10°С, 15°С, 20°С і 25 °С.

Далі за безперервного перемішування металевою або дерев'яною лопаткою вводили (згідно з прийнятим складом) необхідну кількість кварцового піску. Перемішування проводилося до досягнення клейовою масою однорідного стану.

Тому всі подальші дослідження технологічних параметрів акрилових клеїв виконані для зазначених вище складів (див. табл. 2.1).

4.1.2 В'язкість акрилової композиції

Вимірювання в'язкості під час полімеризації дозволяє досліджувати динаміку структуроутворення й технологічні параметри. Як основний наповнювач в акриловій композиції використовується кварцовий пісок фракції 0,14–0,63 мм, із щільністю 2,5 г/см³, пустотністю 30–40 % з вимогами до просівання, промивання, сушіння перед використанням [164, 168, 200, 201].

Важливою характеристикою клейового складу є втрата з часом технологічності в результаті зростання в'язкості за збереження здатності до нормальної полімеризації. Тому в більшості випадків про життєздатність суміші роблять висновки за змінами його в'язкості в часі. У цій монографії подані уточнені дослідження показників в'язкості, клейового складу залежно від факторів впливу. Зміст отверджувача варіювався в діапазоні 40–160 мас. ч. із кроком 20 на 100 мас. ч. полімеру. Було встановлено, що зі збільшенням кількості отверджувача умовна в'язкість зменшується, а тривалість набухання збільшується (рис. 4.1).

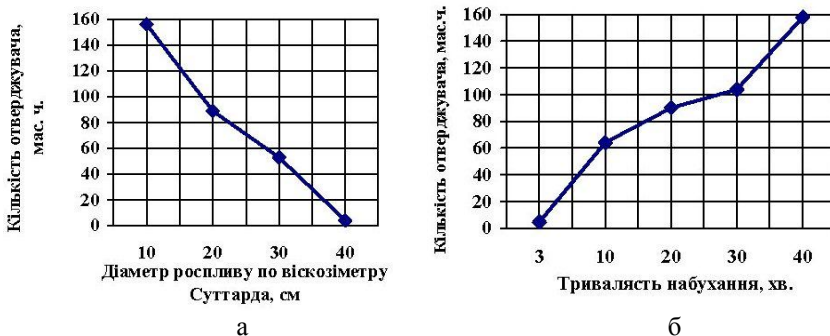


Рисунок 4.1 – Зміни умовної в'язкості (а) та тривалості набухання (б) залежно від кількості отверджувача

У роботі був оцінений вплив температури (діапазон 0–30 °С) на в'язкість і тривалість набухання акрилового складу з рівноцінною пропорцією отверджувача й полімеру. Зі зниженням температури тривалість набухання зростає (рис. 4.2).

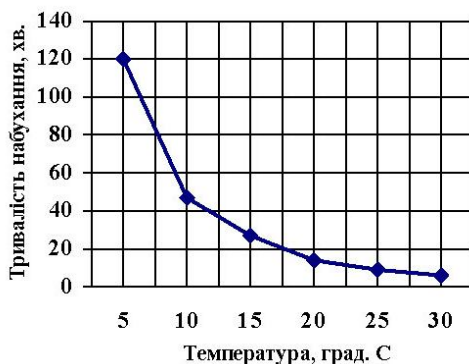


Рисунок 4.2 – Зміни тривалості набухання в залежності від температури

Установлено, що оптимальна умовна в'язкість суміші для внесення піщаного наповнювача відповідає діаметру розпливу за віскозиметром Сутарда 38–40 см, а максимальна, після якої технологічність внесення і заповнення отворів суттєво зменшуються, – 24 см (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Розплив акрилової композиції на віскозиметрі Сутарда

З метою визначення впливу кількості наповнювача на в'язкість суміші змішували однакову кількість складових по масі (100 : 100 мас. ч.). Після досягнення сумішшю прозорості й липкості в ємності вводили 50, 100, 150 мас. ч. піску фракцією 0,16 мм, фіксуєючи час початку змішування компонентів. Вплив фракції наповнювача на в'язкість акрилової суміші досліджували шляхом наповнення початкової суміші (100 : 100 мас. ч.) 150 мас. ч. піщаного наповнювача із фракціями 0,16; 0,315 і 0,63 мм.

Дослідженнями встановлено, що в'язкість акрилового складу зростає зі збільшенням кількості й зменшенням фракції піску. Це пояснюється впливом поверхні зерен наповнювача, його орієнтувальної здатності за структуроутворенні композиції [200, 201, 208, 41, 209, 211].

В'язкість акрилової клейової суміші залежить від температури навколишнього середовища, що підтверджується результатами експериментальних досліджень (рис. 4.4). Зокрема за пропорцій мономер-отверджу ач-наповнювач 100 : 100 : 150 мас. ч. (фракція піску 0,16) випробування в діапазоні температури 0–30°C виявили, що зі зниженням температури навколишнього середовища в'язкість суміші зростає. На в'язкість впливає насамперед кількість отверджувача, кількість і фракція наповнювача, а також температура навколишнього середовища. Під час використання акрилового клею для установалення анкерних болтів важливим фактором є знання щодо раціонального ступеня наповнення клейової суміші піском різної кількості й фракцій. Для цього складено раціональні клейові склади, що мають достатню в'язкість для улаштування клейових з'єднань [140, 141, 159, 218].

Наповнені системи мають параметр межі текучості, яка в акрилових сумішах проявляється, починаючи з певної концентрації наповнювача (що пов'язана з його фракцією), коли рідина втрачає здатність текти за будь-якої напруги зрушення [145–156]. У цій роботі виконано уточнення меж ефективної наповнюваності основного складу акрилової суміші для піску різних фракцій: 0,16 мм – 280 мас. ч., 0,315 мм – 430 мас. ч., 0,63 мм – 600 мас. ч (рис. 4.5).

Використовуючи раніше отримані величини умовної в'язкості, визначено можливі склади клейової суміші з урахуванням технологічності (табл. 4.2). З таблиці видно, що високу рухливість (діаметр розпливу 30–25 см) має клейова суміш із пропорціями піщаного наповнювача фракцій 0,16 мм – 90–125 мас. ч., 0,315 мм – 170–230 мас. ч., 0,63 мм – 200–370 мас. ч. Ці дані узгоджуються з характеристиками рекомендованих складів, що прийняті під час дослідження їх параметрів [15, 16, 38, 41, 68, 82].

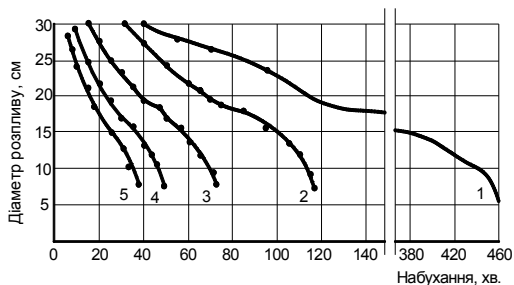


Рисунок 4.4 – Вплив температури навколишнього середовища на в'язкість акрилової суміші
температура: 1–0°C; 2–10°C; 3–15°C; 4–20°C; 5–25°C

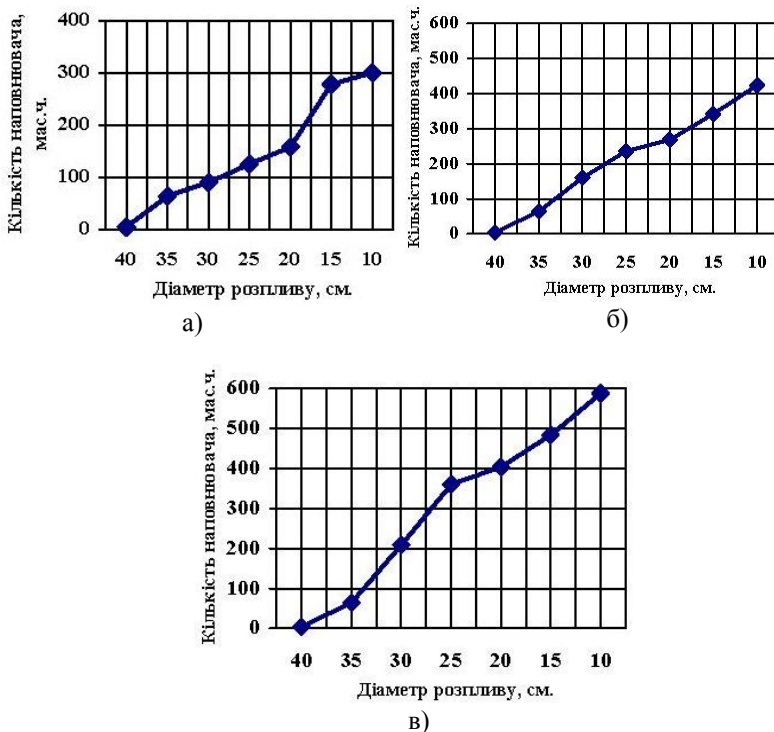


Рисунок 4.5 – Показники рухливості акрилового складу з піщаним наповнювачем різних фракцій: 0,16 мм (а); 0,315 мм (б); 0,63 мм (в)

Таблиця 4.2 – Кількість піщаного наповнювача для раціональної рухливості суміші

Фракції наповнювача, мм	Кількість піщаного наповнювача (мас. ч.) при різних значеннях розпливу суміші (см)			
	30	25	20	15
0,16	90	125	170	270
0,315	170	230	280	340
0,63	200	370	400	490

Граничне значення технологічно раціональної умовної в'язкості дорівнює діаметру розпливу 15 см [68], для підтримки ж високої технологічності й життєздатності клейової композиції необхідно використовувати дані з діапазону 30–25 см.

4.2 Нанесення акрилової композиції на поверхні старого бетону

4.2.1 Пневматичне нанесення акрилової композиції

Аналітичні дослідження показали, що метод пневматичного розпилення є одним із найпоширеніших способів нанесення клеїв і захисних покриттів на вертикальні поверхні будівельних конструкцій. Головною його перевагою є універсальність, відносно висока продуктивність, простота технічного здійснення, достатньо хороші якості одержуваних покриттів.

Як показали проведені експерименти [14–16, 47, 90], способом пневматичного розпилення можна наносити акрилові клеї, які мають до 100 с в'язкість за віскозиметром ВЗ-1 на поверхні конструкцій різних розмірів і конфігурацій.

Основними перевагами способу пневматичного розпилення є:

- можливість застосування в різних виробничих умовах, оскільки потрібно лише джерело стисненого повітря з тиском 0,2–0,6 МПа;
- можливість використання акрилових клеїв за умови, що їхня робоча в'язкість становить 17–100 с за віскозиметром ВЗ-1;
- можливість нанесення клейового шару на поверхні конструкцій різних розмірів і конфігурацій;
- отримання шару клею високої якості;
- простота і надійність в обслуговуванні розпилювальних пристроїв.

Для пневматичного розпилення використовуються розпилювальні головки, що складаються з матеріального сопла і повітряної голівки, закріплених співвісно. Клей підводиться до отвору

матеріального сопла; стиснене повітря надходить в кільцевий зазор, утворений отвором повітряної голівки і наконечником матеріального сопла [196–198].

Основною частиною пістолета-розпилювача є розпилювальна головка або форсунка, від конструкції якої залежить форма факела струменя. Головка або форсунка має внутрішню трубку або так зване матеріальне сопло (2), через яке матеріал закінчується (рис. 4.6), і зовнішню, концентрично розташовану трубку – повітряне сопло. Стиснене повітря з повітряного сопла витікає в навколишнє середовище з великою швидкістю через кільцевий отвір (між матеріальним і повітряним соплом) і створює розрідження біля виходу з матеріального сопла. Під час виходу з матеріального сопла матеріал зустрічає струмінь стисненого повітря, який, розширюючись, розбиває його на дрібні краплі, захоплює з великою швидкістю за собою і доставляє на захищувану поверхню. Головки (форсунки) повітряного розпилення створюють струмінь, заповнений частинками матеріалу по всьому перетину.

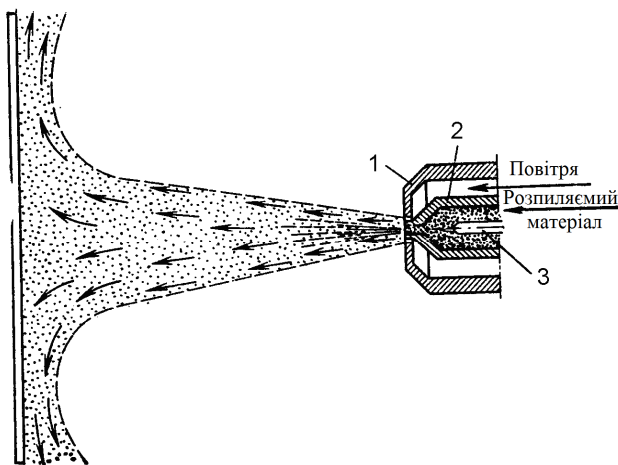


Рисунок 4.6 – Характер нанесення клейового матеріалу методом пневматичного розпилення:

1 – повітряний сопло; 2 – матеріальне сопло; 3 – запірна голка

Залежно від конструкції головки пістолета-розпилювача форма струменя факела або, точніше, її відбиток на поверхні бетону може бути у вигляді кола або плоского сильно витягнутого овалу (рис. 4.7).

Конічний струмінь із формою основи у вигляді кола дає головка, яка має повітряне сопло у вигляді круглого отвору, розташованого навколо сопла, що незначно виступає з нього. Ця найпростіша головка має факел великої щільності та дозволяє переміщати пістолет–розпилювач під час нанесення матеріалу з великою швидкістю. Найчастіше такі головки використовують для нанесення клею на невеликі та складні рельєфні поверхні.

Плоский факел утворюється головкою, що має, крім центрального отвору, два бічних отвори. Струмені повітря, виходячи з бічних отворів, стискають розпилювальний струмінь клею і надають їм плоску форму. Такі головки називають головками з повітряним обтиском струменя. Крім того, плоский факел утворюється головкою з повітряним соплом у вигляді щілини. Їх називають щілинними або головками з механічним обтиском струменя і застосовують у тому випадку, коли тиск повітря під час застосування не перевищує 0,25 МПа. Зазвичай головки пістолетів–розпилювачів із повітряним обтиском струменя пристосовані і для отримання круглого струменя.

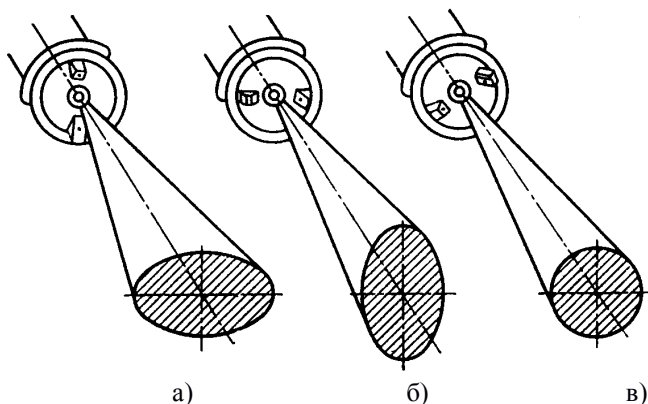


Рисунок 4.7 – Форма «відбитка» струменя факела під час регулювання:
а – горизонтальна; б – вертикальна; в – кругла

Плоский факел струменя застосовують для нанесення акрилової композиції на великі плоскі поверхні. Проміжною між круглим та плоским струменем є овальний струмінь, у цьому випадку бічні отвори в голівці розпилювача розташовуються під незначним кутом до напрямку осі факела і біля виходу з матеріального сопла. Овальний

струмінь застосовують там, де потрібен факел із підвищеною щільністю порівняно з плоским струменем і підвищеною шириною відбитку факела порівняно з круглим струменем.

Для отримання нормального струменя факела отвори повітряного та матеріального сопел повинні розташовуватися строго концентрично. Залежно від призначення пістолети-розпилювачі можуть бути середнього тиску 0,25–0,55 МПа, і низького тиску – до 0,25 МПа. Пістолети-розпилювачі середнього тиску поділяються на розпилювачі зовнішнього (рис. 4.8, а) і внутрішнього (рис. 4.8, б) змішування залежно від місця зустрічі та змішання матеріалу з повітрям (на виході з головки або перед виходом). У будівництві значно розповсюдились пістолети-розпилювачі середнього тиску зовнішнього змішання, подібні КР-20, ЗІІ, КРВ, 0-45, КРМ, 0-37А та ін., а також внутрішнього змішання марок КРП-2, С-592, 0-45, С-765.

Нанесення клейких матеріалів повітряним розпиленням переважно на великі поверхні здійснюється пістолетами-розпилювачами марок СО-71 і КРУ-1. Наприклад пістолет-розпилювач марки КРУ-1 призначений для нанесення матеріалів в'язкістю не більше 100 с за ВЗ-1.

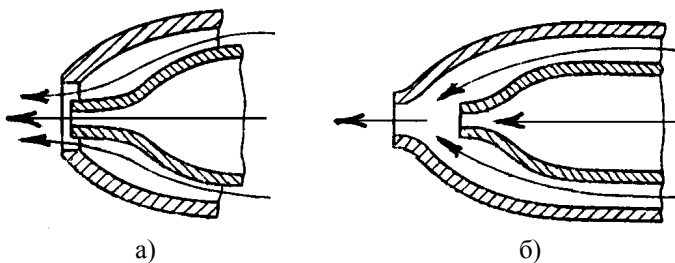


Рисунок 4.8 – Схема розпилювальної головки пневматичного пістолета-розпилювача зовнішнього (а) і внутрішнього (б) змішування

Вимоги стандарту [14] для ручних пневматичних пістолетів-розпилювачів передбачають певні діаметри отворів матеріального сопла і пов'язані з ним параметри розпилювачів (табл. 4.3).

В основі всіх конструкцій пневматичних пістолетів-розпилювачів лежить одна і та ж принципова схема, що містить такі основні вузли й механізми: корпус пістолета-розпилювача, розпилювальна головка, механізм увімкнення (вимкнення) розпилювача з запірної голкою, пусковим гачком і повітряним клапаном, вузол регулювання витрати матеріалу, вузол регулювання

форми факела, вузол прийому стисненого повітря, вузол прийому клейового матеріалу, вузли ущільнень повітряних і матеріальних каналів.

Наприклад, пістолет-розпилювач О-31А конструктивно відрізняється від пістолета-розпилювача марки О-45 тільки головкою. Головка має, крім центрального отвору і двох бічних отворів для стиснення струменя, додатково десять отворів, розташованих по колу, концентричній центральному отвору. Через ці отвори виходить додаткове повітря, що створює повітряну кільцеву завісу, яка сприяє зменшенню випадання частинок матеріалу з факела, зменшенню утворення туману, а отже, і поліпшення гігієнічних умов праці.

Таблиця 4.3 – Основні розміри і параметри ручних пневматичних пістолетів-розпилювачів

Діаметр отворів матеріального сопла, мм	Максимальна продуктивність (витрата матеріалу), г/хв	Витрата повітря, м³/год	Розміри відбитка на відстані 300 мм, не менше	
			Діаметр круглого факела	Ширина плоского факела
Розпилювач типу А, Б				
1,6	200	12	80	260
1,8	260		90	290
2,0	350		100	320
Розпилювач типу В				
2,2	450	16	110	350
2,5	600		125	400
2.8	800		140	450

Проведені аналітичні та експериментальні дослідження показали, що для нанесення акрилових композицій на підготовлену під склеювання поверхню старого бетону можна використовувати застосовуваний в практиці будівництва ручний механізований інструмент типу пістолетів–розпилювачів. Робота цього інструменту полягає в методі пневматичного розпилення різних матеріалів. Для вибору моделі інструменту необхідно знати в'язкість акрилової композиції. Крім того, необхідно встановити час нанесення клею на певну площу поверхні бетону, можливі його втрати. Необхідно також дослідити інший метод тиску клейового матеріалу, який також широко застосовується в практиці будівництва. До нього належить метод безповітряного розпилення, за якого матеріал, що наноситься на поверхню, подрібнюється без участі стисненого повітря.

4.2.2 Безповітряне нанесення акрилової композиції

За безповітряного способу нанесення матеріал розпилюють під впливом високого гідравлічного тиску. Стиснене повітря використовують тільки для приводу насоса, що створює високий тиск на композиційний матеріал.

Як показали експерименти, порівняно з нанесенням клейового матеріалу методом пневматичного розпилення, безповітряне розпорошення має низку переваг: на 20–30 % скорочується питома витрата матеріалів завдяки зниженню втрат на туманоутворення, створюється можливість застосування більш вузьких і тиксотропних клеїв; підвищується продуктивність праці в 1,5–3 рази завдяки можливості нанесення меншої кількості шарів; у 6–10 разів зменшується забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами; підвищується якість нанесеного шару завдяки хорошій суцільності, зменшення пористості й заповнення всіх мікронерівностей поверхні старого бетону.

До переваг методу безповітряного розпилення потрібно зарахувати і можливість повної механізації та автоматизації процесу нанесення матеріалу, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці робітників.

Цей метод заснований на диспергуванні матеріалів завдяки високим швидкостям витікання їх із насадок щілинного типу спеціальної конструкції. Дроблення матеріалу методом безповітряного розпилення є складним фізичним процесом, що залежить від багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів.

Матеріал, який витікає із сопла безповітряного розпилювача під тиском 10–20 МПа, набуває швидкість, яка перевищує критичну за певної в'язкості, у результаті чого матеріал дробиться на дрібні частинки. Дроблення матеріалу завдяки перепаду тиску посилюється миттєвим розширенням і частковим випаровуванням затверджувача, що входить до складу матеріалу. Водночас потенційна енергія матеріалу переходить у кінетичну, частки матеріалу рухаються в напрямку захищеної поверхні, тягнучи за собою частину навколишнього повітря. Долаючи опір повітря, краплі гальмуються і м'яко настеляються на поверхню, утворюючи покриття певної товщини.

Як показали експерименти, факел розпилюваного матеріалу за безповітряного розпилення чітко сформований. Відсутність у ньому потоків стисненого повітря дозволяє уникнути утворення рухомих

аерозолів, які забруднюють повітря в районі робіт, і отримати більш щільне за структурою покриття, ніж у разі пневматичного розпилення.

Дисперсність розпилення залежить від геометричних розмірів і форми отвору сопла, гідроаеродинамічних параметрів розпилення, режимів витікання рідини з сопла, в'язкості та поверхневого натягу матеріалу. Експериментами встановлено, що для матеріалів із високою в'язкістю і поверхневим натягом діаметр частинок збільшується, але у разі підвищення швидкості витікання їхні розміри зменшуються і краплі стають більш однорідними [21, 50, 89, 90].

Основним вузлом установок безповітряного розпилення є вертикальний плунжерний насос подвійної дії з пневмоприводом, який подає матеріал з ємності в гідравлічну систему, створює та підтримує в ній високий тиск. Насос виконують у вигляді мультиплікатора тиску, передавальне відношення якого дозволяє отримувати тиск на матеріал до 20 МПа і більше у разі подачі стисненого повітря від магістралі до пневмоприводу тиском 0,3–0,6 МПа.

Аналіз науково-технічної літератури із цієї тематики показав, що зараз випускається багато типів і конструкцій установок безповітряного розпилення. Для нанесення акрилових клеїв на поверхню бетону можуть бути використані установки з такими ознаками та параметрами:

- за призначенням – для нанесення холодних матеріалів;
- за виконанням – переносні (до 30 кг) і пересувні (25–100 кг);
- за продуктивністю нагнітального насоса – до 2 і від 2 до 4 л / хв;
- за тиском, що розвивається нагнітальним насосом – низького, середнього і високого тиску (відповідно до 10, 16 і 25 МПа);
- за в'язкістю розпилюваного матеріалу – для низької, середньої, великої та високої в'язкості (відповідно до 60, 60–150, 150–200 с за віскозиметром ВЗ-1);
- за типом приводу нагнітального насоса – з електромеханічним, електродравлічним і автономним приводом;
- за типом нагнітального насоса – з поршневим або плунжерним і мембранним насосом.

Аналіз типів установок для безповітряного розпилення показав, що для створення з'єднання старого бетону з новим необхідно використовувати компактні переносні установки з ємністю баків до 60 л. Разом із тим такі установки повинні передбачати нанесення холодного композиту з продуктивністю до 2 л / хв і тиском до 10 МПа. В'язкість акрилової композиції має бути середньої (60–200 с за віскозиметром ВЗ-1).

Як і для попереднього способу, необхідно провести дослідження для визначення часу нанесення акрилової композиції на певну величину площі поверхні бетону.

4.2.3 Методика дослідження нанесення акрилової композиції на поверхню старого бетону

Для проведення експериментів використовувалися пневматичний розпилювач моделі КРУ-1 і безповітряний – «Веселка 1,2Б» (типу А).

На розпилювачі моделі КРУ-1 матеріальне сопло застосовувалося трьох типів діаметрами 2,2; 2,5 і 2,8 мм. Тиск стисненого повітря під час експериментів на розпилювачі було: 0,2; 0,3 і 0,4 МПа.

На безповітряному розпилювачі тиск повітря був 0,5 МПа, а отвір матеріального сопла дорівнював 2 мм.

Експерименти проводилися для випадку нанесення акрилової композиції на вертикальну поверхню. При експериментах визначалося час нанесення клею на $10,0 \text{ дм}^2$ і втрати його при цьому. Склади клею застосовувалися №№ 1, 2 і 3 (табл. 2.1), в'язкість яких по віскозиметрі Суттарда складала відповідно 13, 16, 18, 20 і 22 см. Одночасно визначалася в'язкість клею, яка дозволяла використовувати пневматичний або безповітряний метод його нанесення.

Для горизонтальної поверхні визначався тільки час нанесення клею.

4.2.3.1 Нанесення акрилової композиції методом повітряного розпилення

Результати експериментів. Акриловий клей в'язкістю 16 см і більше не закінчувався з сопла під час подачі повітря в інструмент.

У таблицях 4.4, 4.5 і 4.6 наведені дані проведення експериментів із визначення втрат клею за використання повітряних розпилювачів. Сопло розпилювача розташовувалося на відстані 20, 50, 100, 150, 250 і 300 мм.

Аналіз даних таблиць 4.4, 4.5 і 4.6: із видаленням сопла від поверхні бетону втрати клею зростають у 10–15 разів. Збільшення отворів у соплі з 2,2 мм до 2,8 мм розпилювача спричиняє зменшення втрат акрилової композиції під час розпилювання. Тиск стисненого повітря на розпорощення також впливає на втрати клею.

Зі збільшенням тиску стисненого повітря втрати клею знижуються до 20 %.

Таблиця 4.4 – Втрати акрилової композиції (в'язкість за Суттардом 18 см) за повітряного розпилювання, % до його витрат

Відстань сопла розпилювача до поверхні бетону, мм	Діаметр отвору сопла, мм								
	2,2			2,5			2,8		
	Тиск, МПа								
	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
20	0,5	2,4	3,4	1,8	3,2	3,8	2,3	3,7	4,2
50	3,9	5,3	7,1	4,2	4,8	5,1	5,6	6,1	6,5
100	12,4	8,2	8,0	9,0	8,8	7,8	8,6	7,3	8,1
150	14,8	12,9	11,4	13,6	12,7	10,5	12,0	11,5	11,0
250	26,3	24,4	21,5	25,4	23,2	21,1	21,2	20,5	20,1
300	32,0	30,1	26,6	31,2	28,2	26,5	30,4	28,6	26,5

Таблиця 4.5 – Втрати акрилової композиції (в'язкість за Суттардом 20 см) за повітряного розпилювання, % до його витрат

Відстань сопла розпилювача до поверхні бетону, мм	Діаметр отвору сопла, мм								
	2,2			2,5			2,8		
	Тиск, МПа								
	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
20	0,5	2,4	3,4	1,8	3,2	3,8	2,3	3,7	4,2
50	3,9	5,5	7,4	4,5	5,2	6,7	5,8	6,4	6,8
100	12,8	8,6	8,2	9,4	9,1	8,2	8,9	7,7	8,5
150	15,6	13,7	12,2	14,0	13,4	11,0	12,3	11,8	11,2
250	26,9	25,1	23,2	26,0	23,8	21,6	23,7	22,9	22,4
300	32,8	30,8	27,3	31,9	28,7	27,1	32,5	30,8	28,6

Таблиця 4.6 – Втрати акрилової композиції (в'язкість за Суттардом 22 см) за повітряного розпилювання, % до його витрат

Відстань сопла розпилювача до поверхні бетону, мм	Діаметр отвору сопла, мм								
	2,2			2,5			2,8		
	Тиск, МПа								
	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
20	0,5	2,4	3,4	1,8	3,2	4,1	2,3	3,9	4,5
50	4,2	5,7	7,6	4,6	5,4	5,9	6,1	6,6	7,1
100	13,2	9,0	8,6	9,7	9,3	8,4	9,1	8,5	8,1
150	16,4	14,4	12,7	14,6	13,8	12,1	12,8	12,2	11,8
250	27,4	26,4	24,3	26,7	24,4	22,2	24,0	23,2	22,6
300	33,1	31,7	28,1	33,2	29,8	28,1	33,1	31,3	29,4

Впливає на втрати клею і його в'язкість. Збільшення в'язкості (за Суттардом з 20 см до 13 см) призводить до втрати клею до 7 %.

Необхідно відзначити, що під час нанесення клею на поверхню бетону форма відбитку струменя факела була круглою. У разі видалення сопла розпилювача від поверхні бетону утворювалася хмара, типу туману, що призводило до витрати клею. Вочевидь, під час нанесення клею методом розпилення сопло механізму повинно знаходитися не далі, ніж 150 мм від поверхні бетону. У цьому випадку втрати клею складають не більше 16 %.

Час нанесення акрилової композиції на вертикальну і горизонтальну поверхню визначалося за допомогою секундоміра. Клейовий шар наносився шаром до 5 мм. Експерименти показали, що час нанесення клею на горизонтальну поверхню площею 10,0 дм² становить 140 с, а на вертикальну – 150 с.

4.2.3.2 Нанесення акрилової композиції методом безповітряного розпилення

Згідно з рекомендаціями [21, 50, 89, 90] пістолет-розпилювач за цього методу повинен знаходитися на відстані 300 мм від поверхні, на яку наноситься полімерна композиція. Під час експерименту ці рекомендації були використані. Оскільки акриловий клей із сопла розпилювача витікає під великим тиском 12–15 МПа, то втрати клею були незначні – 3–5 %. У цьому випадку в'язкість акрилової композиції склала 16 см і вище.

Експерименти показали, що час нанесення клею на горизонтальну поверхню площею 10,0 дм² склав 100 с, а вертикальну – 130 с. Це пояснюється значно меншими втратами клею.

4.2.4 Вибір механізмів для нанесення акрилової композиції на поверхню старого бетону

4.2.4.1 Механізми пневматичного способу нанесення акрилової композиції

Аналіз експериментальних даних та існуючих моделей пневматичних розпилювачів показав, що для нанесення акрилової композиції на поверхню бетону рекомендується використовувати ручні пістолети-розпилювачі типу В (табл. 4.3) з шириною факела 350–450 мм і максимальною подачею матеріалу на сопло (450–800 г/хв). У результаті цього аналізу запропоновано розпилювачі, технічні характеристики яких подано в таблиці 4.7. Основним недоліком наведених розпилювачів під час нанесення акрилової композиції є втрати матеріалу.

Таблиця 4.7 – Технічна характеристика рекомендованих моделей ручних пневматичних пістолетів-розпилювачів для нанесення акрилової композиції

Параметри	КРУ-1	ЗІЛ	0-31А	КРМ	3-592	Larius 2 1: 1	Delta Spray
Подача матеріалу, г/хв.	400–500	500–600	400–500	400	400–500	400–450	450–500
Тиск стисненого повітря на розпорошення, МПа	0,3–0,4	0,45–0,55	0,25–0,35	0,3–0,4	0,4–0,5	0,8	0,6
Витрата повітря, м ³ /ч	6-11	11–14	3,0	14	16	7,2	9
Ширина факела матеріалу на відстань 300 мм від поверхні бетону, мм	400–500	500–520	30–80	350	100–120	400–600	300–400
Габаритні розміри, мм	195 × 60 × 225	185 × 45 × 235	140 × 56 × 250	163 × 30 × 145	165 × 45 × 210	200 × 80 × 300	185 × 60 × 250
Маса, кг	0,66	0,82	0,63	0,45	0,63	1,2	1,5

У таблиці 4.7 внесені також розпилювачі Larius 2 1: 1 і Delta Spray європейських виробників, які також широко використовуються в Україні, за своїми технічними показниками вони не відрізняються від вітчизняних розпилювачів.

До допоміжного обладнання під час пневматичного нанесення клейових складів належать: регулятори тиску, масловодовідокремлювачі, нагнітальні баки, шланги для подачі в пістолети-розпилювачі матеріалу і повітря [14–16, 47, 90].

Регулятори тиску (редуктори) призначені для регулювання і підтримки постійного тиску стисненого повітря, що подається в пістолети-розпилювачі та нагнітальні баки. Для регулювання тиску повітря можуть бути використані як редуктори, встановлені на масловодовідокремлювачі або нагнітальному баку, так і самостійні редуктори-регулятори тиску.

Нагнітальні баки призначені для дозованої подачі клейових складів у пістолети-розпилювачі за підвищеної витрати матеріалів або нанесення їх на великі поверхні. Нагнітальні баки становлять переносні, герметично закриті судини, які заповнюються клейовим составом. Останній під певним тиском (під час подачі в бак стисненого повітря) передавлюється по шлангах у пістолет-розпилювач. Для зазначених робіт можуть бути використані нагнітальні баки марок СО–12, СО–42 і СО–13 [14, 90].

Щоб уникнути зміни робочої в'язкості матеріалу і осадження наповнювача необхідно періодично перемішувати вміст баків. Для цієї мети баки забезпечують мішалками: ручною (СО–12) або механічною з пневмоприводом (СО–42 і СО–13).

4.2.4.2 Установки для безповітряного способу нанесення акрилової композиції

Вивчення науково-технічної літератури із цієї теми показало, що за компонуванням вузлів розрізняють два типи установок безповітряного розпилення матеріалів.

В установках типу А заглибний насос із пневмоприводом закріплюють на бак з матеріалом. Це компактні, переносні та пересувні установки з баками ємністю 20, 30 і 60 л. В установках типу Б насоси з пневмоприводом змонтовані окремо від ємності для матеріалу. Насос високого тиску зазвичай монтують на пересувному візку. Обидва типи установок мають свої переваги, тому їхній вибір і застосування залежать від обсягу й організації робіт зі створення клейових з'єднань старого бетону з новим. Аналіз експериментальних даних (розділ 4.2.3.2) дозволив рекомендувати для виконання зазначених робіт установки безповітряного розпилення типу А (табл. 4.8) і Б (табл. 4.9).

Таблиця 4.8 – Технічні характеристики установок безповітряного розпилення типу А, рекомендованих для нанесення акрилової композиції

Параметри	УБР-1	УБР-2	УБР-3	УГЕЭРП-1	УГЭР-1	УГЭРП-2	«Веер»	«Радуга» 0,63Б	«Радуга» 1,2Б	«Радуга» 2,0Б
Тиск повітря клею, МПа	0,2–0,4 4–8	0,2–0,5 4–6	до 0,6 до 10	0,2–0,5 4–6	0,3–0,5 4–6	0,3–0,5 6–8	0,2–0,6 до 10	до 0,5 до 20	до 0,5 до 20	до 0,5 до 20
Продуктивність, л/хв	до 0,5	до 0,5	до 1,2	до 0,6	до 0,8	до 0,8	1,2	0,63	1,2	2,0
Габаритні розміри, мм	-	850 × 594 × × 1 180	920 × 465 × × 515	–	400 × 400 × × 800 і 300 × 200 × × 400	700 × 550 × × 1 100	170 × × 620	380 × 280 × × 680	960 × 485 × × 910	1 025 × × 1 055
Маса, кг	300	250	120	280	55	60	20	30	45	60
установки	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
розпилювача на рівні 1,5 м від підлоги	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9

Для нанесення акрилової композиції можна також рекомендувати установки безповітряного розпилення, що випускаються в далекому зарубіжжі [89, 90]. У таблиці 4.10 наведені такі установки і їх технічні характеристики.

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики установок безповітряного розпилення типу Б, рекомендовані для нанесення акрилової композиції

Параметри	УБРХ-1	УБРХ-1М	«Факел-2»	«Луч»
Тиск, МПа повітря рідини	0,4–0,5 20	0,6 19	0,4 16	0,4 10
Продуктивність гідронасосу, л / хв.	до 2,0	1,7	1,0	1,0
Габаритні розміри, мм	720×550×520	500×460×1000	520×270	200×320×560
Маса, кг	100,0	52,0	16,0	17,0

Таблиця 4.10 – Технічні характеристики установок безповітряного розпилення зарубіжного виробництва, рекомендованих для нанесення акрилової композиції

Параметри	«Кінг» (США)	«Екко- Хайдріх» (Швеція)	«Аро Модел» (Англія)	«Біді Айрлесс» (Німеччина)	VEGA 23: 1	AIRLESS 3000
Передавальний коефіцієнт	45:1	47:1	44:1	56:1	29:1	24:1
Максимальна продуктивність, л/хв.	12,7	7,5	4,0	15,0	8,0	8,0
Максимальний тиск робочого матеріалу, МПа	28,5	28,2	26,4	28,0	18,0	21,0
Максимальна в'язкість (за ВЗ-1) за композиції 20 °С, с	130	130	120	130	150	150
Тиск стисненого повітря що підводиться, МПа	0,28-0,63	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,5	0,6	0,5-0,7
Габаритні розміри, мм	700 × 700 × 1300	800 × 700 × 1150	700 × 700 × 800	700 × 700 × × 1 200	500 × 700 × 1 200	320 × 320 × × 730
Маса установки, кг	49	47	42	45	38	20

4.3 Міцність з'єднання бетонних конструкцій акриловими композиціями під час реконструкції та ремонту будівель і споруд

При будівництві, реконструкції та ремонті будівель і споруд виконуються роботи по з'єднанню старого бетону з новим. Такі роботи виконуються при зведенні монолітних масивних бетонних і залізобетонних конструкцій, відновлення та редагування їх габаритів і конфігурації. З метою поліпшення зчеплення і збільшення міцності з'єднання старого бетону з новим останнім часом набули застосування різні полімерні клеї і композиції [25, 60, 82]. З'єднання бетонів акриловою композицією має ряд переваг перед використанням для цих цілей інших клеїв. Вони по адгезійним і когезійним властивостям не поступаються існуючим (наприклад, епоксидним), але мають кращі технологічні властивості та коштують дешевше зазначених на 16–24 % [37].

У Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова розроблена технологія з'єднання старого бетону з новим акриловою композицією, яка представлена і детально описана в роботах [122, 133, 179].

Розробці цієї технології передував комплекс експериментальних досліджень, який включав: вивчення способів очищення поверхні старого бетону [133], а також механізованого способу нанесення акрилової композиції на підготовлену поверхню бетону [179].

У зв'язку з використанням зазначеної технології в будівництві були проведені експериментальні дослідження міцності з'єднання старого бетону з новим акриловою композицією. При цьому встановлювався вплив на міцність клейових з'єднань технологічних факторів, віку нового бетону, часу затвердіння клеїв і негативних температур при бетонуванні. Зразки (40 × 40 мм, 70 × 70 мм, 100 × 100 мм та 150 × 150 мм) відчували при впливі розтягуючих, зсувних (при стисканні) та згинаючих зусиль.

Під час бетонування масивних конструкцій (наприклад, фундаментів) найчастіше мають місце технологічні перерви і міцність старого бетону в цей період змінюється в досить широких межах. Тому були проведені експерименти по визначенню впливу даного чинника на несучу здатність клейового стику на акриловому клеї. Випробування проводилися при впливі розтягуючих зусиль на зразки клейових з'єднань. Результати випробувань на розтяг зразків клейових з'єднань з поперечним перерізом 70 × 70 мм в залежності від віку старого бетону класу C25/30 подано в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Міцність клейових з'єднань бетонів в залежності від віку нового бетону

Вік старого бетону, діб	Розкид тимчасових опорів, МПа	Середнє значення, МПа	Характер руйнування
0,20	0,70–0,95	0,82	по контакту клей-бетон
1,00	1,32–1,51	0,41	змішане
5,00	1,70–1,90	1,79	по перетину бетону
28,00	2,34–2,55	2,43	теж саме

Дані таблиці 4.11 свідчать про те, що максимальні напруження розтягу зростають зі збільшенням віку нового бетону. Рівноміцність клейового стику бетонних зразків досягається, починаючи з 5-добового віку.

Вплив класу бетону на міцність клейових стиків старого бетону з новим вивчалася при дії на зразки клейових з'єднань осьового розтягу та зсуву при стисненні. Зразки поперечним перерізом 70 × 70 мм виготовлялися з бетону класу С8/10, С16/20, С25/30. Випробування проводилися через 28 діб затвердіння бетону в нормальних умовах.

Результати випробувань зразків клейових з'єднань на осьовий розтяг, зсув при стисненні і зрушення наведені відповідно в таблицях 4.12, 4.13 і 4.14.

Таблиця 4.12 – Міцність клейових з'єднань бетонів при розтягуванні

Клас бетону		Розкид даних несучої здатності на розтягнення, МПа	Середнє значення, МПа	Характер руйнування з'єднань
проектний	фактичний			
С8/10	С8/10	0,75–0,95	0,85	по новому бетону
С16/20	С16/18	1,65–1,80	1,73	по новому бетону
С25/30	С25/32	2,50–2,70	2,60	по новому бетону

Таблиця 4.13 – Міцність клейових з'єднань бетонів при зсуві із стисненням

Клас бетону		Розкид даних несучої здатності на розтягнення, МПа	Середнє значення, МПа	Характер руйнування з'єднань
проектний	фактичний			
С8/10	С8/10	2,40–2,75	2,57	по новому бетону
С16/20	С16/18	6,60–6,90	6,79	по новому бетону
С25/30	С25/32	11,90–12,55	2,60	по новому бетону

Таблиця 4.14 – Міцність клейових з'єднань бетонів при зсуві

Клас бетону		Розкид даних несучої здатності на розтягнення, МПа	Середнє значення, МПа	Характер руйнування з'єднань
проектний	фактичний			
Випробування зразків перетином 40 мм × 40 мм				
C12/15	C12/14	6,7–7,5	7,1	по новому бетону
C16/20	C16/20	7,0–8,4	7,7	по новому бетону
C25/30	C25/33	8,8–9,6	9,2	по новому бетону
Випробування зразків перетином 70 мм × 70 мм				
C12/15	C12/14	2,9–3,62	3,26	по новому бетону
C16/20	C16/20	3,23–4,97	4,1	по новому бетону
C25/30	C25/33	4,91–5,97	5,44	по новому бетону

Результати випробувань на осьовий розтяг (табл. 4.12) свідчать про те, що у всіх випадках руйнування зразків клейових з'єднань відбувалося по перетину нового бетону.

Руйнування зразків під час випробування на зрушення при стисненні (табл. 4.13), відбувається також по перетину нового бетону. Водночас спочатку від опорних площин утворювалися осьові тріщини, після чого новий бетон руйнувався.

Результати випробувань на зрушення (табл. 4.14) показали, що у всіх випадках руйнування зразків клейових з'єднань також відбувалося по перетину нового бетону.

Для визначення раціональної витрати акрилової композиції необхідно було з'ясувати залежність несучої здатності клейового з'єднання від товщини клейового прошарку. Випробування проводилися при осьовому розтягу і зсуву. Товщина клейового прошарку складала 3, 4, 5, 8, 10 і 16 мм, поперечний переріз бетонних зразків 40 мм × 40 мм і 70 мм × 70 мм. Результати випробувань зразків з'єднань бетону класу C16/20 акрилової композиції на розтягнення і зрушення в залежності від товщини клейового прошарку наведені в таблицях 4.15 та 4.16.

Як показали експерименти, у досліджених межах товщина клейового прошарку істотно не впливає на міцність з'єднання, оскільки в усіх досліджуваних зразках руйнування відбувається по перетину нового бетону.

Під час випробування зразків клейових з'єднань на зсув проводилися дослідження процесів утворення тріщин з використанням ультразвукового імпульсного методу [182] на двох партіях зразків:

перша – у вигляді призм із поперечним перерізом 40 мм × 40 мм; друга – у вигляді призм із поперечним перерізом 70 мм × 70 мм, склеєних між собою акриловим клеєм (рис. 4.9). Встановлювався вплив на процес тріщиноутворення міцності бетону і товщини клейового шару.

Таблиця 4.15 – Міцність з'єднань бетонів за різної товщини клейового шару (розтягнення)

Товщина клейового прошарку, мм	Розкид максимальних напружень при розтягуванні, МПа	Середнє значення, МПа	Характер руйнування з'єднань
3	10,3–11,0	10,6	по новому бетону
5	9,8–11,0	10,4	по новому бетону
10	9,8–10,5	9,9	по новому бетону

Таблиця 4.16 – Міцність з'єднань бетонів за різної товщини клейового шару (зрушення)

Товщина клейового прошарку, мм	Розкид максимальних напружень на зрушення, МПа	Середнє значення, МПа	Характер руйнування з'єднань
Випробування зразків перетином 40 мм × 40 мм			
4	7,0–8,4	7,7	по новому бетону
8	7,5–8,7	8,1	по новому бетону
16	7,9–9,1	8,5	по новому бетону
Випробування зразків перетином 70 мм × 70 мм			
4	3,23–4,97	4,1	по новому бетону
8	4,8–5,6	5,2	по новому бетону
16	5,7–7,1	6,4	по новому бетону

Ультразвукові перетворювачі розташовувалися на протилежних гранях зразків. На заздалегідь визначених рівнях навантаження фіксувалися параметри інформаційного ультразвукового сигналу, за якими побудовані графіки, зображені на рисунку 4.11.

За тривалістю першого напівперіоду $\Delta\tau$, амплітуді A і часу поширення ультразвукових коливань τ можна простежити процес утворення тріщин. Аналіз отриманих даних показав, що процес утворення тріщин залежить від міцності бетону і товщини клейового прошарку $\delta_{кл}$. Зокрема для першої партії процес спостерігався за $(0,4–0,5) P_{розр}$, що за класу бетону C12/15, C16/20 і C25/30 і $\delta_{кл} = 4$ мм

складає відповідно 12; 15 і 18 кН і за $\delta_{кл} = 4; 8; 16$ мм і класі бетону С16/20 становить відповідно 15; 18; 21 кН.

Для другої партії зразків процес тріщиноутворення спостерігався за $(0,3-0,4) P_{розр}$, що за класі бетону С12/15, С16/20 і С25/30 і $\delta_{кл} = 4$ мм складає відповідно 18; 24 і 30 кН і при $\delta_{кл} = 4; 8$ і 16 мм і класі бетону С16/20 становить відповідно 24, 30 і 36 кН.

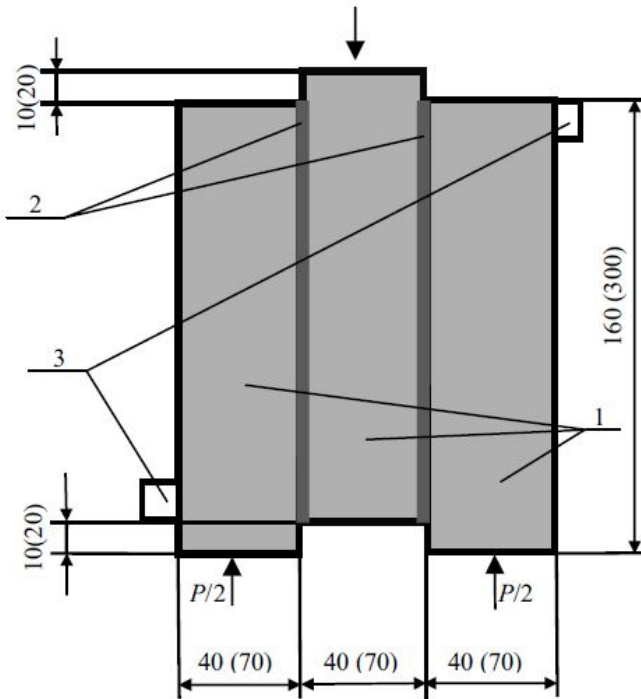
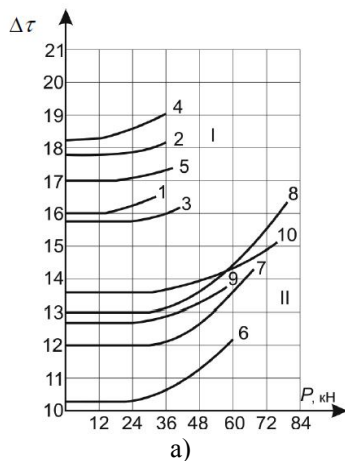


Рисунок 4.10 – Схема випробування зразків клейових з'єднань на зсув:

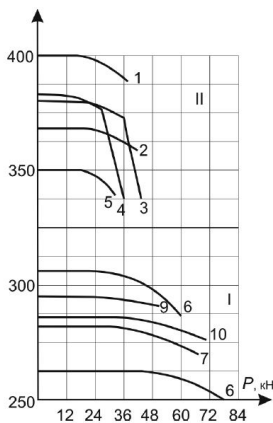
1 – бетонні зразки; 2 – клейовий шов; 3 – ультразвукові перетворювачі

Час поширення ультразвукових коливань для першої партії зразків був менше, ніж для другої.

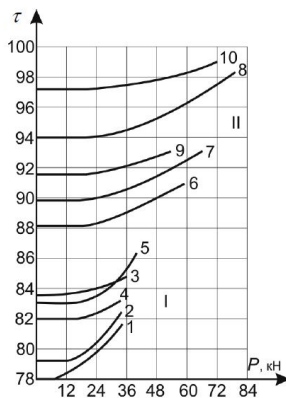
За подальшого підвищення зовнішнього навантаження мікротріщини переростали в макротріщини з подальшим руйнуванням зразків.



A



б)



в)

Рисунок 4.11 – Залежність тривалості першого напівперіоду (а), амплітуди (б) і часу поширення (в) ультразвукових коливань від прикладеного навантаження: I – зразки з балочками перетином 40×40 мм;

II – зразки з балочками перетином 70×70 мм; 1, 6 – $\delta_{кл} = 4$ мм, бетон класу C16/20; 2, 7 – $\delta_{кл} = 8$ мм, бетон класу C16/20; 3, 8 – $\delta_{кл} = 16$ мм, бетон класу C16/20; 4, 9 – $\delta_{кл} = 4$ мм, бетон класу C12/15; 5, 10 – $\delta_{кл} = 4$ мм, бетон класу C25/30

Проведені експериментальні дослідження показали, що акрилові клеї забезпечують достатню монолітність з'єднання бетонних і залізобетонних елементів для їхнього застосування під час зведення та реконструкції будівель і споруд. Це пояснюється високими адгезійними і фізико-механічними властивостями акрилових клеїв.

5 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З'ЄДНАННЯ СТАРОГО БЕТОНУ З НОВИМ АКРИЛОВИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ

Метою цього розділу є вивчення основних технологічних параметрів з'єднання (кількість створених клейових з'єднань у зміну, необхідний час на створення одного клейового з'єднання та ін.) та здійснення цього з'єднання в комплексному процесі робіт за їх послідовного виконання (підготовка поверхні старого бетону під приклеювання, приготування клею, нанесення його на поверхню старого бетону).

5.1 Технологічний процес з'єднання старого бетону з новим акриловими композиціями

Аналіз результатів досліджень різних авторів, наведений у розділі 1 цієї роботи, а також даних експериментів розділів 2–4 роботи дозволили розробити технологічну схему процесу з'єднання старого бетону з новим акриловими клеями (рис. 5.1).

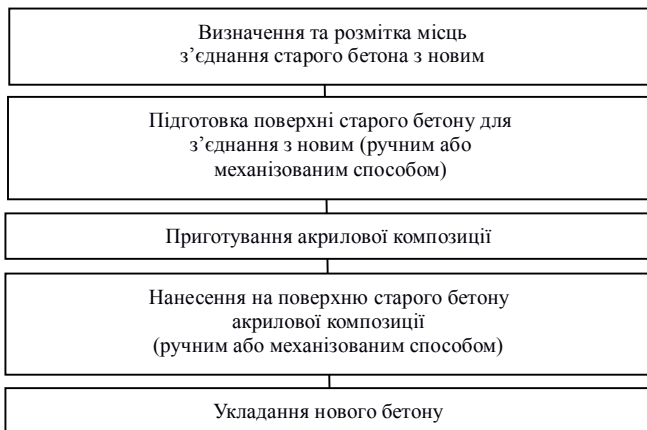


Рисунок 5.1 – Технологічна схема процесу з'єднання старого бетону з новим

Відповідно до цієї схеми першим етапом є визначення та розмітка місць з'єднання старого бетону з новим. У нього входять також визначення площі з'єднання, необхідної кількості акрилової композиції, а також необхідного обсягу бетонної суміші для

омонолічування старого бетону. У разі значної площі з'єднання цю площу можна розбити на карти з урахуванням життєздатності акрилової композиції.

Другим етапом є підготовка поверхні старого бетону для з'єднання з новим. Вона полягає в очищенні ручним або механізованим способом. Механізований спосіб рекомендується у разі значних площ склеювання і їхньої кількості. Наступним етапом є процес приготування клею. Залежно від маси клей може готуватися ручним або механізованим способом.

Четвертим етапом технологічного процесу є нанесення акрилової композиції на підготовлену поверхню старого бетону (ручним або механізованим способом), а останнім – укладання бетонної суміші.

Нижче наводяться аналітичні дослідження операцій технологічного процесу.

5.2 Визначення основних технологічних параметрів

5.2.1 Час на підготовку до з'єднання старого бетону з новими акриловими композиціями

Для вивчення основних параметрів технологічного процесу необхідно знати повний час на підготовку до з'єднання поверхні старого бетону $t_{скл}$ з новим. Це час охоплює:

- час очищення поверхні старого бетону для склеювання t_1 ;
- час нанесення клею на поверхню старого бетону:
 - а) горизонтальну t_2 ;
 - б) вертикальну t_3 .

Тоді час на підготовку до склеювання старого бетону з новим порівнюватиме:

для горизонтальних поверхонь

$$t'_{скл} = t_1 + t_2 \quad (5.1)$$

для вертикальних поверхонь

$$t''_{скл} = t_1 + t_3 . \quad (5.2)$$

В аналітичних дослідженнях розглядаються випадки: поверхня старого бетону класу C8/10 є верхом бетонування конструкції; старий бетон має міцність, що відповідає класам бетону C8/10; C10/12,5; C12/15; C16/20 і C20/25; очищення поверхні старого бетону здійснюється абразивним кругом з розміром зерен (код) 16, 20, 24, 30 і 34.

Відповідно до вказаних умов у таблицях 5.1, 5.2 і 5.3 на підставі результатів експериментів, наведених у розділі 3, наведені значення часу, необхідного на очищення поверхні старого бетону.

Таблиця 5.1 – Час (секунд) на очистку поверхні старого бетону класу С8/10 різної площі

Площа поверхні, см ²				
400	800	1 200	1600	2 000
357	435	667	939	1 216

Таблиця 5.2 – Час (секунд) на очистку поверхні старого бетону різної міцності площею 400 см²

Клас бетону				
С8/10	С10/12,5	С12/15	В20	С20/25
389	448	459	542	637

Таблиця 5.3 – Час (секунд) на очистку поверхні старого бетону класу С8/10 площею 400 см² абразивним кругом з різною значущістю зерен

Крупність зерен шліфувального круга (код)				
16	20	24	30	34
357	375	410	514	589

Значення часу нанесення акрилової композиції на поверхню старого бетону визначені експериментами, результати яких наведені в розділі 4. Ці значення залежать від того, наноситься клей на горизонтальну або вертикальну поверхню, а також методом повітряного або безповітряного розпилення.

Як показали експерименти, час нанесення акрилової композиції за товщини клейового шару 5 мм становить: на горизонтальну поверхню методом повітряного розпилення на 10,0 дм² – 140 с, а на вертикальну – 150 с; методом безповітряного розпилення відповідно 100 с і 130 с.

Таблиця 5.4 – Час $t_{скл}$ (с/год) на підготовку до з'єднання старого бетону з новим класу С8/10 за різних способів нанесення клею в залежності від величини площі S , см²

Вид поверхні бетону	Площа склеювання см ²				
	400	800	1 200	1 600	2 000
повітряне нанесення					
горизонтальна	917/0,25	1 555/0,43	2 347/0,652	3 179/0,883	4 016/1,11
вертикальна	1 077 / 0,3	1 875/0,52	2 827/0,785	3 819/1,06	4 816/1,338
Безповітряне нанесення					
горизонтальна	757/0,21	1235/0,343	1867/0,518	2 539/0,705	3 216/0,893
вертикальна	877/0,244	1 475/0,41	2 227/0,619	3 019/0,838	3 816/1,06

Таблиця 5.5 – Час $t_{скл}$ (с/год) на підготовку до з'єднання старого бетону різної міцності з новим за нанесення клею безповітряним розпиленням на горизонтальну поверхню

Клас бетону				
C8/10	C10/12,5	C12,5/15	C16/20	C20/25
789 / 0,22	848 / 0,235	859 / 0,239	942 / 0,262	1037 / 0,288

Таблиця 5.6 – Час $t_{скл}$ (с/год) на підготовку до з'єднання старого бетону з новим класу C8/10 за нанесення клею безповітряним розпиленням на горизонтальну поверхню в разі використання абразивних кіл із різною значущістю зерен

Крупність зерен абразивного круга (код)				
16	20	24	30	34
757 / 0,21	775 / 0,22	810 / 0,25	914 / 0,26	989 / 0,27

Відповідно до виразів (5.1) і (5.2), а також значень t_1 , t_2 і t_3 визначено час $t_{скл}$ на підготовку до з'єднання старого бетону з новим акриловим клеєм, результати якого наведені в таблицях 5.4, 5.5 і 5.6.

Аналіз даних таблиць 5.4, 5.5 і 5.6 показує, що час $t_{скл}$ на підготовку до з'єднання старого бетону з новим залежить від таких факторів: площі склеювання, способу нанесення клею на вертикальну або горизонтальну поверхню старого бетону, міцності старого бетону, а також крупності зерен абразивних кіл для очищення.

5.2.2 Час приготування одного замісу клею

Для визначення технологічних параметрів процесу склеювання старого бетону з новим важливе місце займає час приготування одного замісу акрилової композиції. Це час $t_{приг.}$ містить:

- введення в полімер (АСТ-Т порошок) затверджувача (АСТ-Т рідина) і перемішування до утворення однорідної маси – 5 хв;
- час набухання – 10 хв за нормальної температури;
- уведення наповнювача (кварцовий пісок) і змішування – 5 хв;
- доставка до місця – 5 хв
- усього $t_{приг.}$ становить:

$$t_{приг.} = 5 + 10 + 5 + 5 = 25 \text{ хв} = 0,417 \text{ години.}$$

Як зазначалося вище (розділ 1), технологічна життєздатність T акрилової композиції залежить від його складу (від співвідношення пропорцій полімеру та затверджувача, а також крупності зерен наповнювача) і температури навколишнього середовища. Вона коливається від 36 хв до 250 хв [29,169].

5.3 Залежність кількості створених у зміну клейових з'єднань старого бетону з новим від різних технологічних факторів

Одним з основних параметрів технологічного процесу з'єднання старого бетону з новим є кількість створених у зміну таких з'єднань. Цю величину визначаємо за виразом

$$N_i = \frac{T_{см} - \tau}{t_{скл}}, \quad (5.3)$$

де N_i – кількість створених у зміну клейових з'єднань (штук);

$T_{см}$ – тривалість зміни (годину);

τ – час, що витрачається на приготування клею в зміну (годину).

Час τ визначаємо з виразу

$$\tau = \frac{T_{см}}{T} \cdot t_{приг.}, \quad (5.4)$$

де T – технологічна життєздатність акрилової композиції (час).

Після підстановки (5.4) у (5.3) отримаємо вираз для визначення кількості створених клейових з'єднань у зміну

$$N_i = \frac{T_{см} \cdot (T - t_{приг.})}{T \cdot t_{скл}}. \quad (5.5)$$

Використовуючи цей вираз, визначимо кількість створених клейових з'єднань залежно від площі склеювання, виду поверхні старого бетону і способу нанесення акрилової композиції. Результати визначення наведені в таблиці 5.7.

На рисунку 5.2 наведені графіки залежності N_i за різних способів нанесення клею на поверхню старого бетону (горизонтальну і вертикальну) класу C8/10 від площі склеювання. Аналіз цих графіків показує, що за будь-яких умов зі збільшенням площі склеювання кількість з'єднань зменшується. Наприклад, у разі збільшення площі склеювання від 400 до 2 000 см² кількість створених у зміну клейових з'єднань зменшується більш, ніж у 4 рази. Впливає на величину N_i спосіб нанесення на поверхню старого бетону клейової маси і вид поверхні старого бетону (горизонтальна або вертикальна).

Відповідно до виразу (5.5) визначено вплив на величину N_i життєздатності акрилової композиції. Як показали дослідження [29, 169], вона залежить від температури навколишнього середовища і складу акрилового компаунда. Життєздатність клею змінюється від 30 хв до 260 хв (табл. 2.1).

Таблиця 5.7 – Кількість створених в зміну з'єднань старого бетону з новим при різних способах нанесення клею в залежності від величини площі склеювання S , см^2

Вид поверхні старого бетону	Площа склеювання см^2				
	400	800	1 200	1 600	2 000
Повітряне нанесення					
горизонтальна	5,3	3,1	2	1,5	1,2
вертикальна	4,4	2,6	1,7	1,3	1,0
Безповітряний нанесення					
горизонтальна	6,3	3,9	2,6	1,9	1,5
вертикальна	5,5	3,2	2,1	1,6	1,2

У таблиці 5.8 представлені значення величини N_i в залежності від життєздатності акрилової композиції. Обчислення вироблялося під час використання старого бетону класу С8/10, поверхня якого представляє верх і низ бетонування. У таблиці 5.8 подані величини кількості клейових з'єднань старого бетону з новим для зазначених випадків.

Таблиця 5.8 – Залежність кількості створених в зміну клейових з'єднань старого бетону з новим від життєздатності акрилової композиції

Вид поверхні старого бетону	T , Життєздатність клею, година							
	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Верх бетонування	5,3	18,6	23,0	25,3	26,7	27,6	28,2	28,6
Низ бетонування	6,5	22,9	28,3	31,1	32,9	33,9	34,3	34,5

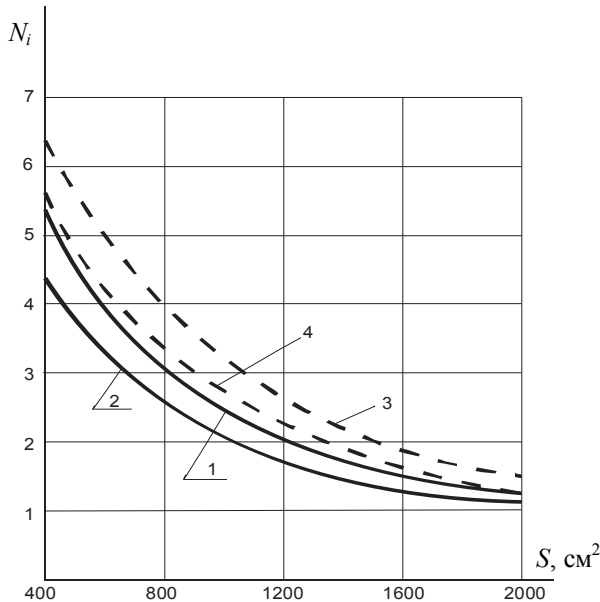


Рисунок 5.2 – Графіки залежності кількості створених у з'єднанні клейових з'єднань від величини площі склеювання старого бетону з новим (за повітряного нанесення клею на поверхню :

1 – горизонтальним; 2 – вертикальну; за безповітряного нанесенні клею на поверхню: 3 – горизонтальну; 4 – вертикальну)

На рисунку 5.3 подано графіки залежності N_i від життєздатності акрилової композиції, який наносився на поверхню старого бетону, що представляє низ або верх бетонування. Аналіз цих графіків показує, що зі збільшенням життєздатності акрилової композиції кількість з'єднань, створених у з'єднанні, значно зростає. Зокрема, за $T = 0,5$ години ця величина складає відповідно 5,3 і 6,5 з'єднань в з'єднанні, а за $T = 4,0$ години 28,6 і 34,5. Отже, величина N_i зростає більш, ніж у 5 разів. Крім того, сторона бетонування існуючої конструкції впливає на величину N_i . Наприклад, в разі з'єднання нового бетону з поверхнями старого, що представляють відповідно верх і низ бетонування, величина N_i зменшується майже на 25 %.

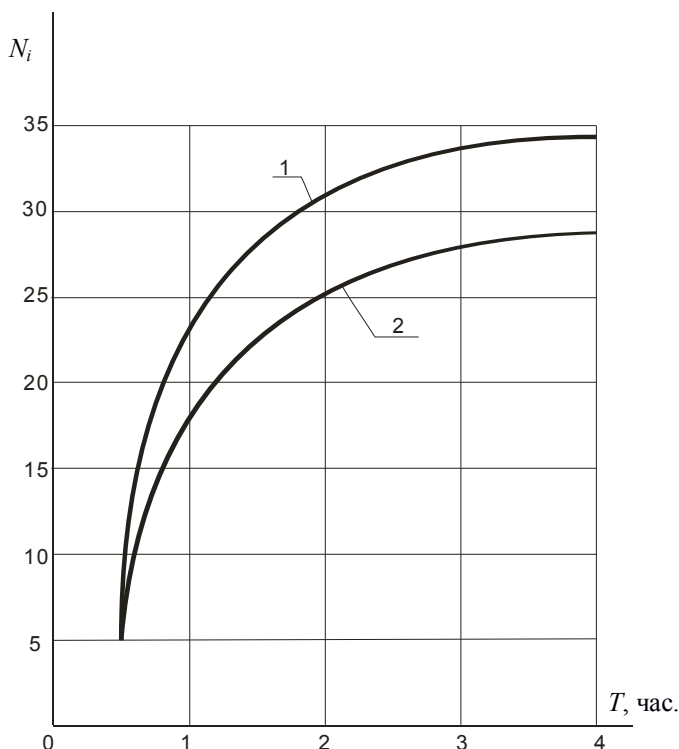


Рисунок 5.3 – Графіки залежності кількості створених у зм'яну клейових з'єднань старого бетону з новим від життєздатності акрилової композиції (поверхню старого бетону: 1 – верх бетонування; 2 – низ бетонування)

Розрахунковим експериментом визначено вплив на кількість створених у зм'яну клейових з'єднань у випадках використання для очищення поверхні старого бетону абразивних кіл із різною значущістю зерен. Визначення величини N_i виконувалося під час очищення поверхні старого бетону класу С8/10, які представляють верх бетонування, і нанесення клею безповітряним розпиленням. Результати обчислень подано в таблиці 5.9 і на графіку рисунку 5.4.

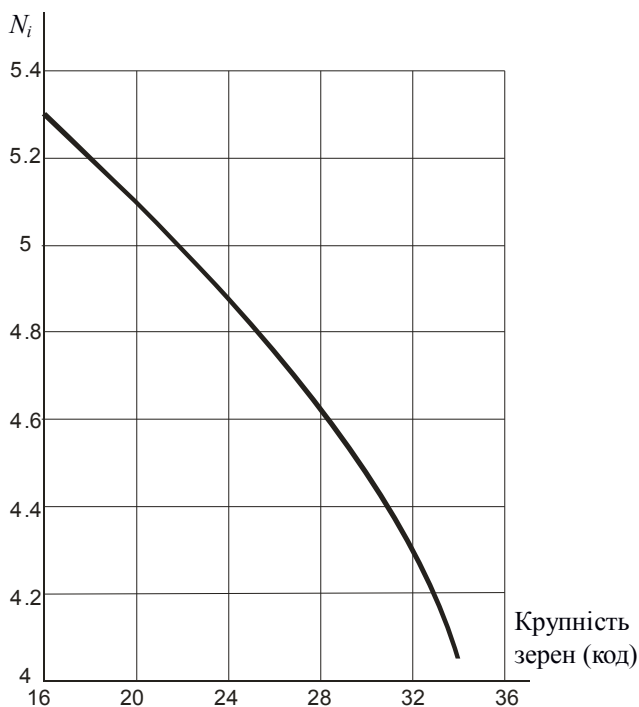


Рисунок 5.4 – Графіки залежності кількості створених у зміну клейових з'єднань старого бетону з новим залежно від крупності зерен абразивних кіл

Таблиця 5.9 – Залежність кількості створених в зміну клейових з'єднань старого бетону з новим від крупності зерен абразивних кіл

Крупність зерен абразивного круга (код)				
16	20	24	30	34
6,3	6,04	5,77	5,31	4,92

Аналіз даних таблиці 5.9 і рисунку 5.4 показує, що зі зменшенням крупності зерен абразивних кіл із 16 до 34 кількість з'єднань зменшується майже на 30 %.

Аналогічно розрахункам експериментально визначено вплив на величину N_i різної міцності бетону (класів C8/10, C10/12,5, C12,5/15, C16/20 і C20/25). Результати обчислень подано в таблиці 5.10 і на графіку рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 – Графік залежності кількості створених у зміну клейових з'єднань старого бетону з новим від їхньої міцності

Таблиця 5.10 – Залежність кількості створених в зміну клейових з'єднань старого бетону з новим від їх міцності

Клас старого бетону				
C8/10	C10/12,5	C12,5/15	C16/20	C20/25
6,04	5,65	5,56	5,07	4,61

Аналіз даних таблиці 5.10 і рисунку 5.5 показує, що міцність старого бетону значно впливає на величину N_i . Так, зі збільшенням класу старого бетону з C8/10 до C20/25 кількість створених в зміну з'єднань зменшується майже на 40 %.

5.4 Визначення часу на створення клейового з'єднання старого бетону з новим

Другим основним параметром технологічного процесу з'єднання старого бетону з новим є час на створення такого з'єднання. Загалом цю величину визначаємо за виразом:

$$H_{вр} = t_{скл} \cdot A \cdot K_2, \quad (5.6)$$

де $H_{вр}$ – час на створення одного клейового з'єднання (люд.-год.);

K_2 – коефіцієнт, що враховує простой на підготовчо-завершальну роботу і відпочинок робітників. Він становить

$$K_2 = \frac{100}{100 - (3 + 15)} = 1,22, \quad (5.7)$$

де 100 – час (у відсотках), витрачений на підготовку до створення з'єднання;

3 – на підготовчо-завершальну роботу;

15 – на відпочинок робітників [84];

A – коефіцієнт, що враховує спосіб виробництва робіт.

Коефіцієнт A враховує необхідність приготування клею тією ж ланкою робітників. У зв'язку з цим його визначають за виразом з урахуванням життєздатності акрилової композиції

$$A = \frac{T}{T - t_{приг.}}. \quad (5.8)$$

Тоді вираз (5.6) можна записати так:

$$H_{вр} = \frac{T}{T - t_{приг.}} \cdot t_{скл} \cdot K_2. \quad (5.9)$$

Вочевидь, час на створення з'єднання буде залежати від тих же факторів, що і величина N_i .

Використовуючи вираз (5.9), визначено час на створення одного з'єднання старого бетону з новим залежно від площі склеювання, виду поверхні старого бетону і способу нанесення акрилової композиції. Результати визначення наведені в таблиці 5.11.

На рисунку 5.6 наведені графіки залежності $H_{вр}$ від площі склеювання за різних способів нанесення клею на поверхню старого бетону (горизонтальну і вертикальну) класу С8/10. Аналіз цих графіків і даних таблиці 5.11 показує, що за будь-яких умов зі збільшенням

площі склеювання час на створення з'єднання старого бетону з новим збільшується. Наприклад, у разі збільшення площі склеювання від 400 до 2 000 см² час створення з'єднань збільшується більш, ніж у 4 рази. Впливає на величину $H_{ер}$ спосіб нанесення на поверхню старого бетону клейової маси і вид поверхні старого бетону (горизонтальна або вертикальна). Зокрема, час створення з'єднання за обох способів нанесення клею на вертикальну поверхню більше, ніж на горизонтальну майже на 25 %.

Таблиця 5.11 – Час створення одного з'єднання старого бетону з новим при різних способах нанесення клею в залежності від величини площі склеювання (люд.-год.)

Вид поверхні старого бетону	Площа склеювання, см ²				
	400	800	1200	1600	2000
Повітряне нанесення					
горизонтальна	1,8	3,2	4,8	6,5	8,2
вертикальна	2,2	3,8	5,8	7,8	9,8
Безповітряний нанесення					
горизонтальна	1,54	2,52	3,8	5,18	6,56
вертикальна	1,8	3,0	4,55	6,16	7,8

Відповідно до виразу (5.9) визначено вплив на величину часу створення з'єднання життєздатності акрилової композиції. Як зазначалося вище, вона змінюється від 30 хв до 260 хв (див. табл. 2.1). У таблиці 5.12 подано значення величини $H_{ер}$ залежно від життєздатності акрилової композиції. Визначення часу на створення клейового з'єднання здійснювалося під час використання старого бетону класу С8/10, поверхня якого представляє верх і низ бетонування.

На рисунку 5.7 подано графіки залежності $H_{ер}$ від життєздатності акрилової композиції, яка наносилася на поверхню старого бетону та представляє низ або верх бетонування. Аналіз цих графіків і даних таблиці 5.12 показує, що зі збільшенням життєздатності акрилової композиції величина цього часу значно зростає. Зокрема за $T = 0,5$ години $H_{ер}$ становить відповідно 1,8 і 2,24 люд.-год., а при $T = 4,0$ годину 0,28 і 0,34 люд.-год. Отже, величина $H_{ер}$ зменшується більш ніж у 6 разів. Крім того, сторона бетонування існуючої конструкції також впливає на величину часу створення з'єднання.

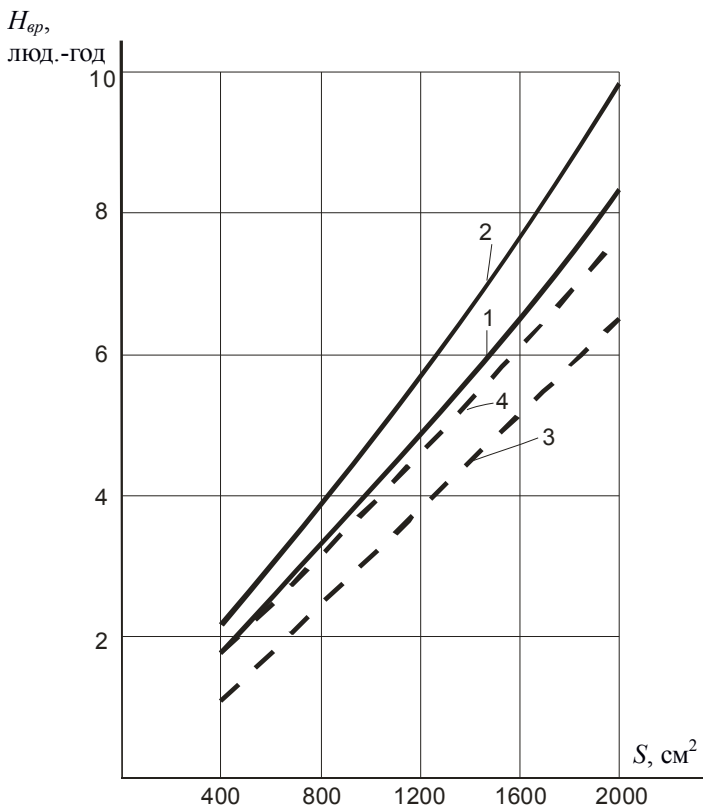


Рисунок 5.6 – Графіки залежності часу на створення з'єднання старого бетону з новим від площі склеювання (за повітряного нанесення клею на поверхню: 1 – горизонтальну; 2 – вертикальну; за безповітряного нанесення клею на поверхню: 3 – горизонтальну; 4 – вертикальну)

Розрахунковим експериментом визначено вплив на величину часу створення клейових з'єднань в разі використання для очищення поверхні старого бетону абразивних кіл з різною значущістю зерен. Величина часу визначалася для випадку очищення поверхні старого бетону класу С8/10, що представляє верх бетонування і нанесення клею безповітряним розпиленням. Результати обчислень подано в таблиці 5.13 і на графіку рисунку 5.8.

Таблиця 5.12 – Залежність часу на створення одного з'єднання старого бетону з новим від життєздатності акрилової композиції (люд.-год.)

Вид поверхні старого бетону	T, Життєздатність клею, година							
	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Верх бетонування	1,8	0,52	0,34	0,31	0,3	0,29	0,29	0,28
Низ бетонування	2,24	0,63	0,42	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34

Аналіз даних таблиць 5.13 і рисунку 5.8 показує, що зі зменшенням крупності зерен абразивного кола з 16 до 34 час на створення з'єднання старого бетону з новим збільшується на 28 %.

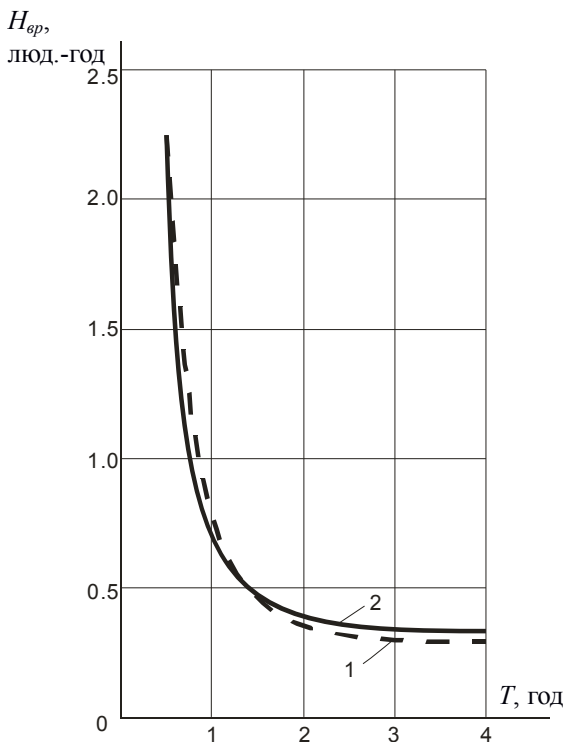


Рисунок 5.7 – Графіки залежності часу на створення з'єднання старого бетону з новим від життєздатності акрилової композиції (поверхня старого бетону: 1 – верх бетонування; 2 – низ бетонування)

Таблиця 5.13 – Залежність часу на створення з'єднання старого бетону з новим від крупності зерен абразивних кіл (люд.-год.)

Крупність зерен абразивного круга (код)				
16	20	24	30	34
1,54	1,61	1,83	1,91	1,98

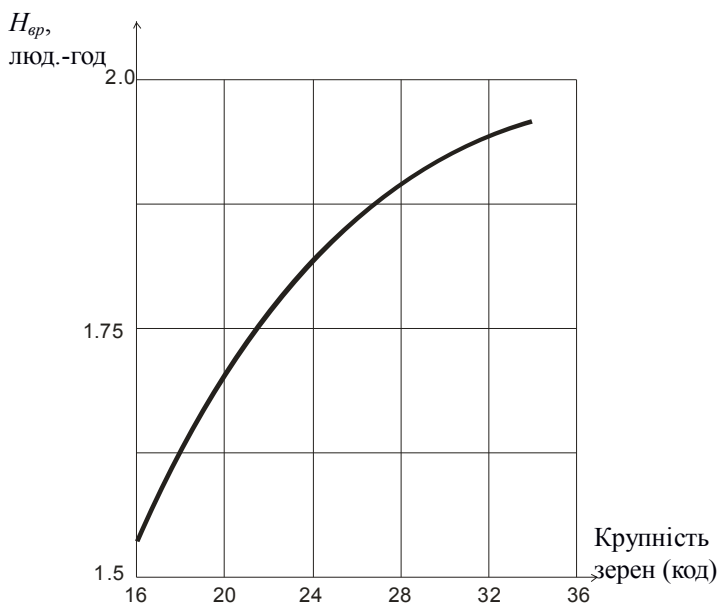


Рисунок 5.8 – Графік залежності часу на створення з'єднання старого бетону з новим від крупності зерен абразивних кіл

Розрахунковим експериментом також визначено вплив на величину часу створення клейових з'єднань бетонів різної міцності (класів С8/10, С10/12,5, С12,5/15, С16/20 і С20/25). Розрахунки проводилися для випадку, коли старий бетон є верхом бетонування, а клей наносився безповітряним розпиленням. Результати обчислень подано в таблиці 5.14 і на графіку рисунку 5.9.

Таблиця 5.14 – Залежність часу створення з'єднання старого бетону з новим від їхньої міцності, люд.-год

Клас старого бетону				
C8/10	C10/12,5	C12,5/15	C16/20	C20/25
1,61	1,72	1,75	1,92	2,11

Аналіз даних таблиці 5.14 і графіків рисунку 5.9 показує, що міцність старого бетону значно впливає на величину H_{ep} . Зокрема, зі збільшенням класу старого бетону від C8/10 до C20/25 час на створення з'єднання збільшується в 1,37 рази.

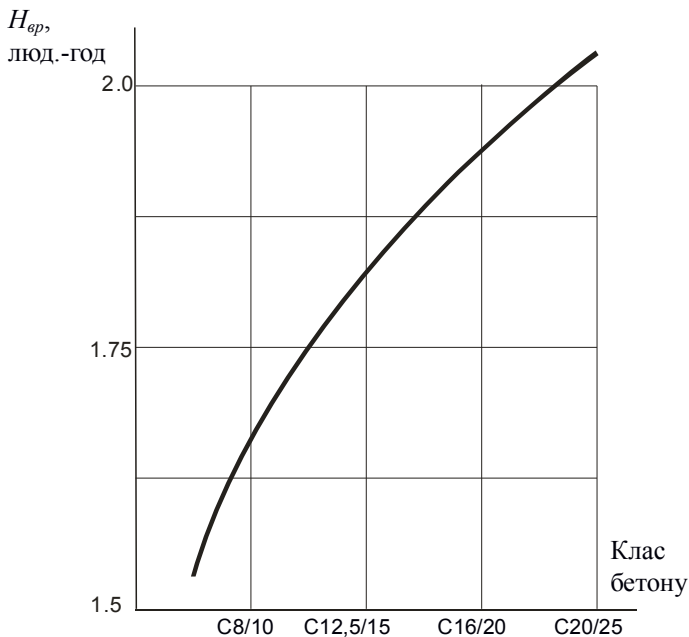


Рисунок 5.9 – Графік залежності часу на створення клейового з'єднання старого бетону з новим від їхньої міцності

5.5 Розрахунок потреби в механізмах

У разі значного обсязгу робіт із влаштування клейових з'єднань необхідно встановити кількість шліфувальних машинок для очищення поверхні старого бетону. Його визначають за виразом

$$n_{ш} = \frac{N_i \cdot t_n \cdot S \cdot k_1 \cdot k_2}{T_{ш}} \cdot K_1, \quad (5.10)$$

де N_i – кількість створених у зміну клейових з'єднань;

t_n – час на очищення 10,0 дм² поверхні бетону;

k_1 – коефіцієнт залежності часу очищення поверхні старого бетону від крупності зерен абразивного круга (див. табл. 3.6);

k_2 – коефіцієнт залежності часу очищення поверхні старого бетону від його класу і сторони бетонування (див. табл. 3.8);

$T_{ш}$ – час роботи шліфувальної машинки в зміні 4 години [84];

K_1 – коефіцієнт, який враховує простой на підготовчо-завершальну роботу і перерви в роботі машини. коефіцієнт K_1 буде дорівнює:

$$K_1 = \frac{100}{100 - (5 + 22)} = 1,3, \quad (5.11)$$

де 100 – час (у відсотках) роботи шліфувальної машинки;

5 – на підготовчо-завершальну роботу;

22 – на перерву в роботі шліфувальної машинки.

Підставивши у вираз (5.10) значення (5.5) отримаємо формули для розрахунку потреби в шліфувальних машинках для очищення поверхні старого бетону

$$n_{ш} = \frac{T_{см} \cdot (T - t_{приг.}) \cdot t_n \cdot S \cdot k_1 \cdot k_2}{T \cdot t_{скл.} \cdot T_{ш}} \cdot K_1. \quad (5.12)$$

Як видно з виразу (5.12) кількість шліфувальних машинок залежить від технологічної життєздатності композиту, площі склеювання, міцності старого бетону і його боку бетонування, а також від крупності зерен абразивних кіл.

Кількість механізмів $n_{розп.}$ для нанесення акрилової композиції визначають за виразом

$$n_{розп.} = \frac{N_i \cdot t_{розп.} \cdot S}{T_{розп.}} \cdot K_3, \quad (5.13)$$

де $t_{розп.}$ — час нанесення на 10,0 дм² поверхні бетону акрилової композиції;

$T_{розп.}$ — час роботи розпилювачів у зміну [14, 50, 72, 90];

K_3 — коефіцієнт, який враховує простої на підготовчо–завершальну роботу і перерви в роботі розпилювача. Коефіцієнт K_3 буде порівнювати:

$$K_3 = \frac{100}{100 - (20 + 15)} = 1,54, \quad (5.14)$$

де 100 — час (у відсотках) роботи розпилювача;

20 — на перерву в його роботі;

15 — на підготовчо-завершальну роботу.

Підставивши у вираз (5.13) значення (5.5) отримаємо формулу для розрахунку потреби кількості розпилювачів для нанесення акрилової композиції:

$$n_{розп.} = \frac{T_{см} (T - t_{приг.}) \cdot t_{приг.} \cdot S}{T \cdot t_{скл.} \cdot T_{розп.}}. \quad (5.15)$$

Як видно з виразу (5.15) кількість розпилювачів залежить від технологічної життєздатності акрилової композиції, часу нанесення композиту на 10,0 дм² поверхні, від площі склеювання і часу роботи розпилювачів у зміну.

5.6 Розрахунок кількісного складу бригади

Аналіз технології з'єднання старого бетону з новим (див. рис. 5.1) акриловими клеями говорить про те, що бригада робітників у цьому випадку повинна складатися з двох ланок. Перша ланка має займатися роботами з підготовки поверхні старого бетону до склеювання, а друга — приготуванням акрилової композиції та нанесенням його на підготовлену поверхню.

Розрахунок ланки шліфувальників роблять, виходячи з таких передумов. Одну шліфувальну машинку (електрична) обслуговує одна

людина. Таким чином, кількість шліфувальників $I_{ш}$ визначають за виразом

$$I_{ш} = n. \quad (5.16)$$

При використанні пневматичної шліфувальної машинки необхідні дві людини для роботи з однією машинкою (один працюючий, другий – обслуговує обладнання подачі повітря). Тому кількість осіб в ланці шліфувальників

$$I_{ш} = n_{ш} + 1. \quad (5.17)$$

Визначення кількості робочих у другій ланці проводиться з таких передумов. Один розпилювач обслуговує одна людина, яка перед цим може займатися приготуванням клею. Оскільки для всіх розпилювачів використовується повітря, то у всіх випадках необхідний другий працюючий, який обслуговує обладнання подачі повітря. Тому кількість осіб у ланці з приготування клею і його нанесення на поверхню старого бетону

$$I_{расп.} = n_{расп.} + 1. \quad (5.18)$$

Використавши вирази (5.16) – (5.18), визначається кількісний склад бригади для підготовки до з'єднання старого бетону з новим акриловими клеями:

$$I_{бр.} = I_{ш} + I_{расп.} \quad (5.19)$$

Знаючи кількісний склад бригади, можна визначити вироблення $H_{вир}$ (Кількість з'єднань у зміну на одну людину) за виразом:

$$H_{вир.} = \frac{N_i}{I_{бр.}} \quad (5.20)$$

5.7 Моделювання організаційно-технологічних рішень зі з'єднання будівельних конструкцій акрилової композиції

З'єднання старого бетону та нового бетону в процесі здійснення формування продукції капітального будівництва під час здійснення реалізації інвестиційних процесів – це складний технологічний процес, який вимагає вирішення низки технічних, технологічних і організаційних завдань щодо забезпечення заданих характеристик міцності й економічних завдань [86, 99].

У роботах [117–180, 229] розглядаються технологічні аспекти цих сполук, які повинні забезпечувати їхню працездатність та забезпечення надійності параметрів, які беруть участь у цьому процесі.

Однак у цих роботах недостатньо повно висвітлені положення, які дозволили б забезпечити стале функціонування організаційно-технологічних процесів виконання цих сполук. Це не дозволяє досягти відповідних запланованих техніко-економічних показників і негативно позначається на ефективності використання інвестицій в будівельній галузі [230], яка є провідною на шляху розвитку економіки країни. Зі свого боку це не дозволяє в достатній мірі ефективно моделювати цей процес для вибору оптимальних рішень.

У зв'язку з цим розробка методики моделювання організаційно-технологічних рішень під час виконання робіт із з'єднання старого та нового бетону шляхом їх склеювання із забезпеченням досягнення запланованих параметрів, ефективніше використовує інвестиції в будівельній галузі.

Вирішуючи поставлені завдання, необхідно виходити з тих основних принципових положень, що в низці випадків технологічний процес склеювання старого та нового бетону не може бути повністю стійким тому, що з плином часу в ньому з'являються систематичні похибки [229, 230], викликані зміною параметрів обладнання й контактних середовищ з'єднання, а також впливу на них спрямованого впливу ближнього і дальнього середовища.

Якщо уявити такий технологічний процес з'єднання старого та нового бетону як складну систему [118], стан якої характеризується розподілом якості з'єднання, то стає очевидним, що станом цієї системи є функція часу, протягом якого відбуваються фізико-хімічні процеси в з'єднанні, що забезпечує набір необхідної проектної міцності та вирішується проблема фізичної реалізації проекту. Разом із тим узагалі змінюються й положення математичного очікування, і дисперсії показника якості з'єднання старого та нового бетону (рис. 5.10).

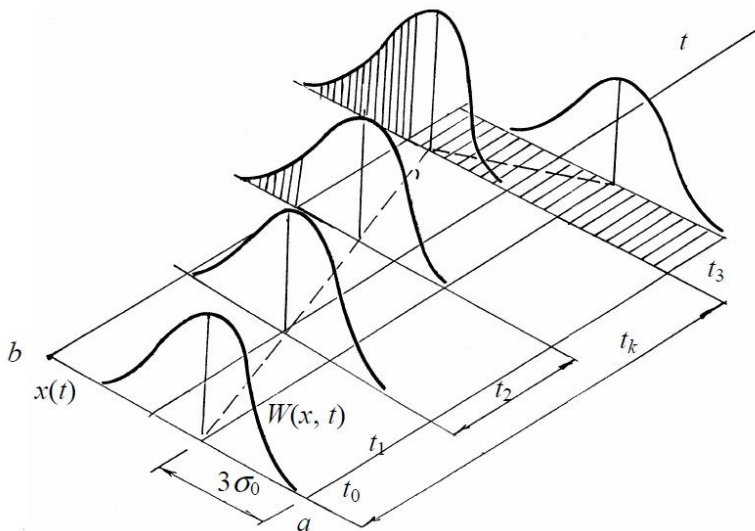


Рисунок 5.10 – Динаміка відновлень щільності ймовірності за нестійкого технологічного процесу з'єднання старого та нового бетону за допомогою склеювання

У зв'язку з цим під час організаційно-технологічних рішень із влаштування конструкції з'єднання старого та нового бетонів необхідно визначити початкове математичне очікування, дисперсію якості й періодичності проміжних коригувань в залежності від умов виконання технологічного процесу (ступінь обмеженості, температура навколишнього середовища, спосіб подачі бетонної суміші, методи її ущільнення, фізико-хімічні характеристики ключових складів та ін.) за критерієм мінімальної технологічної собівартості пристрою цього з'єднання для експлуатаційної придатності.

У разі подання технологічного процесу склеювання старого і нового бетонів як складної стохастичної системи [118], її стан можна описати диференціальним рівнянням

$$\frac{dx}{dt} = m_x(t) - q(x, t)L(f), \quad (5.21)$$

де $m_x(t)$ і $q(x, t)$ – детерміновані функції, пов'язані з пристроєм з'єднання;

$q(x, t)L(f)$ – нормальний білий шум, ті чинники або процеси, які негативно впливають на пристрій з'єднання.

У цьому виразі зміни математичного очікування описується функцією $q(x, t)L(f)$, а дисперсія якості з'єднання старого та нового бетону – добутком функції $q(x, t)L(f)$. Як показала практика і виконані дослідження [113, 232], пряме дослідження технологічного процесу з'єднання старого та нового бетону шляхом вирішення цього диференціального рівняння ускладнено.

Один із способів визначення щільності розподілу ймовірності появи браку в процесі виконання з'єднання старого та нового бетону в цих виробничих умовах $f(k)$ можна здійснювати через одномірні характеристики щільності розподілу $W(x, t)$ випадкової функції $x(t)$, що характеризує розкид показників якості (тобто ефективності) технологічного процесу з'єднання старого та нового бетону шляхом їх склеювання.

Прийmemo такі обмеження стосовно будівельної галузі:

1. Закон розподілу $W(x, t)$ у часі не змінюється.

2. Реалізація $W_j(t)$ та моментні функції $m_x(t) = \xi_m(t)$ випадкового процесу створення з'єднання старого та нового бетону на основі їх склеювання $x(t)$ у часі змінюються монотонно через фізико-хімічні процеси, що відбуваються в цьому з'єднанні.

3. У початковий момент часу t_0 , що примикає до t , значення параметра $W_j(t)$ впливає за межі поля допуску (основні положення про його визначення викладені в роботі [118]), та дорівнює:

$$W(t)dt = P(t + dt) - P(t), \quad (5.22)$$

де P – ймовірність отримання готового конструктивного елементу на основі поєднання старого і нового бетону.

Цю ймовірність можна записати через закон розподілу значень x та в перерізі t і $t + dt$:

$$\begin{aligned} f(t)dt &= [1 - P(a < x < b; t + dt)] - [1 - P(a < x < b; t)] = \\ &= |dP(a < x < b; t)| = \left| dW(x, t) \right|_{x=b}^{x=a}, \end{aligned} \quad (5.23)$$

де a і b – межі поля допуску;

W – функція розподілу щільності показників якості з'єднання старого та нового бетону на основі клейового з'єднання.

Тоді вираз (4.3) має вигляд:

$$f(t) = \left| \frac{dW(x, t)}{dt} \right|_{x=b}^{x=a}. \quad (5.24)$$

Знак $\left| \frac{dW(x, t)}{dt} \right|_{x=b}^{x=a}$ означає, що після диференціювання необхідно

написати різницю отриманих результатів і в першому члені різниці підставити замість x значення верхньої межі в поле допуску, а в другому – значення нижньої межі a .

Функцію $W(t)$ можна виразити через одновимірну щільність розподілу $W(x, t)$ випадкового процесу склеювання старого та нового бетону $x(t)$ (рис. 5.10)

$$W(x, t) \frac{dW(x, t)}{dt}. \quad (5.25)$$

Уведемо деяку функцію $\theta(x, t)$, яка в (5.25) становить останню загальну ступінь диференціювання по x і t [234].

Для нормального випадкового процесу, яким є технологічний процес влаштування з'єднання старого та нового бетонів,

$$W(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x(t)} \int_{-\infty}^x \exp\left\{-\frac{[x - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\} dx, \quad (5.26)$$

у натуральному виразі (4.6)

$$\frac{x - m_x(t)}{\sigma_x(t)} = \theta(x, t). \quad (5.27)$$

Згідно із законом Релея [234] вираз (5.26) буде мати вигляд:

$$W(x, t) = 1 - \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2(t)}\right], \quad (5.28)$$

де

$$\frac{x}{\sigma_x(t)} = \theta(x, t). \quad (5.29)$$

Тоді вираз (5.25) можна записати у вигляді

$$W(x, t) = \frac{dW(x, t)}{d\theta(x, t)} \cdot \frac{d\theta(x, t)}{dx}. \quad (5.30)$$

Оскільки $\theta(x, t)$ залежить від t , то (5.23) можна передавати в такому вигляді

$$f(t) = \left| \frac{dW(x, t)}{d\theta(x, t)} \cdot \frac{d\theta(x, t)}{dx} \right|_{x=b}^{x=a}. \quad (5.31)$$

З урахуванням (4.1) отримаємо

$$f(t) = \left| W(x, t) \frac{d\theta(x, t)/dt}{d\theta(x, t)/dx} \right|_{x=b}^{x=a}. \quad (5.32)$$

Для нормального закону розподілу за двосторонніх допусків

$$\begin{aligned} f(t) = & \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left| \exp \left\{ -\frac{[b - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)} \right\} \left| \frac{b - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right| - \right. \\ & \left. - \exp \left\{ -\frac{[a - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)} \right\} \left| \frac{a - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right| \right|. \end{aligned} \quad (5.33)$$

Тут

$$\left[\frac{x - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right]' = \frac{d\theta(x, t)}{dt}. \quad (5.34)$$

Для односторонніх допусків технологічного процесу склеювання старого та нового бетону за допомогою клейових композитів

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{[c - m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)} \right\} \left| \left[\frac{c - m_x(t)}{\sigma_x(t)} \right]' \right|, \quad (5.35)$$

де C – межа поля допуску a і b .

Відповідно до закону Релея [234] вираз (4.35) буде мати вигляд:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_x^3(t)} \left| \frac{d\sigma_x(t)}{dt} \left\{ b^2 - \exp \left[\frac{b}{2\sigma_x^2(t)} \right] - a^2 \exp \left[\frac{a^2}{2\sigma_x^2(t)} \right] \right\} \right|. \quad (5.36)$$

З аналітичних залежностей функції $f(t)$ та одновимірних фізико-хімічних і технічних характеристик з'єднання старого та нового

бетону за допомогою клейових композитів, щільності розподілу яких $W(x, t)$ випадкового технологічного процесу із влаштування цих сполук $x(t)$ і положення меж допуску впливає, що:

1. Якщо з плином часу дисперсія випадкового технологічного процесу із влаштування з'єднань старого та нового бетону $x(t)$ постійна $\sigma_x(t) = \sigma_0 = \text{const}$, а математичне очікування змінюється лінійно $m_x(t) = m_0 + \Delta m t$, то закон розподілу щільності ймовірності неякісного виконання з'єднання (браку) збігається з типом закону розподілу випадкових значень x , якщо останній для всіх моментів часу однаковий.

2. Якщо дисперсія випадкового технологічного процесу склеювання старого та нового бетону за допомогою клейових композитів $x(t)$ постійна $\sigma_x(t) = \sigma_0 = \text{const}$, а функція $m_x(t)$ нелінійна, то закон розподілу $f(t)$ може істотно відрізнятись від закону розподілу значень x .

Як приклад розглянемо випадок лінійної зміни моментних функцій. Нехай одномірна щільність $W(x, t)$ – нормальний закон (див. рис. 5.10) із моментними функціями $m_x(t) = m_0 - \Delta m_x(t)$, $\sigma_x(t) = \Delta \sigma_x(t)$, а допуск односторонній (поліпшення якості необмежена, а зниження якості з'єднання старого та нового бетону обмежена) з нижньою межею $a < m_0$ (за певним критерієм або системою критеріїв). З виразу (5.33) після підстановки і перетворень отримали

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \Delta \sigma_x^2 t^2} \exp \left[-\frac{(a - m_0 - \Delta m_x t)^2}{2 \Delta \sigma_x^2 t^2} \right]. \quad (5.37)$$

Наведений приклад має практичне значення, тому що для технологічних процесів, які використовуються для створення клейових з'єднань старого та нового бетонів, характерна мала швидкість зміни систематичних похибок і миттєві функції для них з високим ступенем точності можуть бути прийняті лінійними.

Визначимо ймовірність безпосереднього виконання конструкцій з'єднання старого і нового бетонів за допомогою склеювання в момент часу t_k

$$P_k = \int_{t_0}^{t_k} f(t_k) dt_k. \quad (5.38)$$

Якщо миттєві функції $\xi_m(t)$ і $\xi_\sigma(t)$ прийняти для цього технологічного процесу склеювання старого та нового бетонів незмінними, обумовлені застосуванням обладнанням, фізико-хімічними параметрами конструктивних елементів з'єднання та організаційною структурою технологічного процесу, то визначенню підлягають значення $x(t_0)$ і $\sigma(t_0)$, за яких технологічний процес склеювання старого та нового бетону буде найбільш ефективний як за технологічними, так і за економічними параметрами, що дуже важливо для ефективного використання інвестицій у будівельну галузь, а також часу, після якого необхідне коригування технологічного процесу з'єднання старого та нового бетонів.

Для технологічного процесу склеювання старого та нового бетонів стосовно до конкретного об'єкта, мінімального відстанню центру групування від кордону допуску а за нормального закону розподілу $x(t)$ буде $3\sigma_0$.

Будемо називати партією сполук старого та нового бетону, які були виконані до першого коригування технологічного процесу. Вочевидь, що кількість з'єднань, які відповідають проектним параметрам, виконаних за цією технологією дорівнюватиме

$$n = F[\sigma_x(t), t_k]. \quad (5.39)$$

Залежить від σ_0 за фіксованого x_0 і може бути аналітичними методами згідно формули (4.18). Для заданого проміжку часу $T > t_k$ буде здійснено певну кількість з'єднань на різних об'єктах. Кількість інновацій технологічного процесу складе $T/t_k = N$, а обсяги робіт із влаштування з'єднань відповідні параметрам якості, які закладені в проектах T_n/t_k . Водночас передбачається, що в результаті інновацій процесів x і σ повертаються у вихідне (для поліпшення), а моменти функції його не зміняться. Технологічна собівартість виконаних робіт з улаштування з'єднання старого та нового бетонів за допомогою склеювання за цією технологією [117] буде

$$S_T = F_1[\sigma_x(t)]. \quad (5.40)$$

Залежність технологічної собівартості від точності процесу визначається на основі обробки статистичних даних або експериментально.

Технологічна собівартість якісного з'єднання по аналізованій технології буде

$$C_T = \frac{F_1 [\sigma_k(t)]}{F[\sigma_x(t):t_k]}. \quad (5.41)$$

Якщо вартість інноваційних процесів із поліпшення технології з'єднання нового та старого бетонів S_k , то технологічна собівартість одиниці продукції з'єднання старого та нового бетону, за календарний період функціонування пристрою з'єднань T буде:

$$C_T = \frac{F_1 [\sigma_k(t)] + S_r}{F[\sigma_x(t):t_k]}. \quad (5.42)$$

Визначенню підлягають значення σ_0 і t_k , за яких технологічна собівартість одиниці продукції з'єднання старого та нового бетону C_T буде мінімальною.

Якщо функція C_T задана у вигляді явної функції цих двох невідомих, процес визначення мінімуму для неї простий і зводиться до вирішення системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_T}{\partial (\sigma_0)} &= 0 \\ \frac{\partial C_T}{\partial (t_k)} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (5.43)$$

Однак на практиці часто складно знайти таку функцію. На підставі обробки статистичних даних факторного простору та експериментальних даних вдається визначити мінімальну функцію C_T . Це відповідає оптимальному використанню інвестицій для вирішення завдань із уведення цього об'єкта в експлуатацію, яке неможливо без пристрою з'єднання старого та нового бетону.

Отже, викладені положення щодо формування моделей організаційно-технологічних рішень під час виконання робіт із з'єднання старого та нового бетону з використанням клейових матеріалів із метою більш ефективного використання інвестицій дозволять більш повно їх використовувати і створити сприятливий інвестиційний клімат у будівельній галузі, однієї з провідних галузей економіки України.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Александрян Э. П. Прочность и деформативность стыков сборных железобетонных конструкций, замоноличенных полимеррастворами / Э. П. Александрян. – Тбилиси : Мецниереба, 1976. – 116 с.
2. Артамонов В. С. Применение полимерных материалов при ремонте железобетонных конструкций / В. С. Артамонов. – М. : Стройиздат, 1975. – 175 с.
3. Баженов Ю. М. Прочность и деформативность клеевых соединений на основе метилметакрилата / Ю. М. Баженов, Н. Г. Матков, В. А. Тянь // Жилищное строительство. – М., 1981. – № 1. – С. 19–20.
4. Стыкование свай в процессе забивки / В. А. Белобородов, В. А. Воскресенский, А. А. Джумадилов, Г. М. Соколов и др. // Промышленное строительство. – М., 1977. – № 3. – С. 18.
5. Берген Р. И. Выносливость и ползучесть клеевых железобетонных соединений / Р. И. Берген // Бетон и железобетон. – 1965. – № 6. – С. 24–28.
6. Берген Р. И. Прочность клеевых соединений на срез / Р. И. Берген // Бетон и железобетон. – М., 1973. – № 11. – С. 23–24.
7. Акриловые олигомеры и материалы на их основе / А. А. Берлин, Г. В. Королев, Т. Я. Кефели, Ю. М. Сивергин. – М., Химия, 1983. – 232 с.
8. Борков П. В. Прогнозирование долговечности полимерных композиций в условиях воздействия нагрузки, повышенной температуры и химической агрессии / П. В. Борков, А. Д. Корнеев // Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительстве и коммунальном хозяйстве : сб. науч. трудов междунар. науч.-практич. конф. – М., 2002. – Ч. 2. – С. 35–38.
9. Браун В. В. Работа составных бетонных элементов со склеенным стыком под воздействием статических и многократно повторных нагрузок / В. В. Браун // Пути повышения качества и надежности проектирования и строительства транспортных сооружений. – М. : ЦНИИСК, 1988. – С. 81–83.
10. Гарбуз А. О. Модифицированные акриловые клеи для соединения строительных элементов и конструкций : дисс. канд. техн. наук : 05.23.05 – строительные материалы и изделия / А. О. Гарбуз. – Харьков : ХГАГХ, 1998. – 183 с.

11. Гарбуз А. О. Повышение адгезионной прочности акриловых клеев / А. О. Гарбуз // Повышение эффективности систем городского хозяйства : сб. научн. трудов ХГАГХ. – Киев, 1994. – С. 7–9.
12. Гладышев Б.М. Механическое взаимодействие элементов структуры и прочность бетонов / Б. М. Гладышев. – Киев : Вища школа, 1987. – 168 с.
13. Горшкова В. М. Ползучесть швов и целых призм из эпоксидного полимерраствора / В. М. Горшкова // Применение полимерных смол в бетонных и железобетонных конструкциях. – Вильнюс, 1971. – С. 18–20.
14. ГОСТ 20223-88. Краскораспылители пневматического распыления.
15. Гоц В. Л. Методы окраски промышленных изделий / В. Л. Гоц, В. Н. Ратников, П. П. Шеин. – М. : Химия, 2001. – 264 с.
16. Гоц В. Л. Типы краскораспылителей и их эффективное использование для окраски изделий / В. Л. Гоц. – М. : НИИТЭХИМ, 2000. – 28 с.
17. Грушко И. М. Структура и прочность дорожного цементного бетона / И. М. Грушко, Н. Ф. Глущенко, А. Г. Ильшин. – Харьков : изд-во ХГУ, 1965. – 135 с.
18. Исследование ползучести и усадки клеевых соединений бетона при одноосном сжатии / А. Д. Ексарев, Л. А. Игонин, В. А. Лысенко и др. // Склеивание бетона в сооружениях. – Новосибирск, 1971. – С. 43–47.
19. Синтетические смолы в строительстве / И. М. Елшин, Н. А. Мощанский и др. – Киев : Будівельник, 1969. – 214 с.
20. Гайдамак К. М. Монтаж оборудования общего назначения / К. М. Гайдамак. – М. : Стройиздат, 1991. – 287 с.
21. Емельянов Ю. В. Установки для безвоздушного нанесения полимерных материалов / Ю. В. Емельянов, Ю. Г. Елисеев, С. П. Королев. – М. : НИИТЭХИМ, 1998. – 33 с.
22. Золотов М. С. Акриловые клеи в строительстве / М. С. Золотов // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : тезисы докладов респ. научн.-техн. конф. – Харьков, 1987. – С. 3–5.
23. Золотов М. С. Напряженное состояние соединения бетонных элементов на акриловых клеях / М. С. Золотов, Н. А. Псурцева, Ю. М. Смолянинов // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : тез. докладов III республиканской научн.-техн. конф. – Харьков, 1991. – С. 95–98.

24. Золотов С. М. Адгезия и когезия клеевых соединений бетонных и железобетонных конструкций / С. М. Золотов // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Киев : Техніка, 2001. – Вып. 33. – С. 83–93.

25. Золотов С. М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С. М. Золотов // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – Київ : НДІБК, 2003. – Вып. 59. – С. 440–447.

26. Золотов С. М. Влияние некоторых факторов на время отверждения акрилового клея / С. М. Золотов // Моделирование и оптимизация в материаловедении : матер. к 42-му международному семинару МОК-42. – Одесса : «Астропринт», 2003. – С. 94–95.

27. Золотов С. М. Влияние некоторых факторов на развитие деформаций в акриловых клеях при длительно действующих сжимающих усилиях / С. М. Золотов // Совершенствование качества строительных материалов и конструкций (модели, составы, свойства, эксплуатационная стойкость) : Междунар. СНТ. – Новосибирск : НГАСУ, 2004-2005. – С. 36–38.

28. Золотов С. М. Влияние различных факторов на вязкость акриловых клеев / С. М. Золотов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. трудов. – Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – М., 2005. – Вып. 35, Ч. 1. – С. 234–242.

29. Золотов С. М. Жизнеспособность акриловых клеев / С. М. Золотов // Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології : Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – Макіївка : ДДАБА, 2005. – Вып. 2005-8 (56). – С. 74–79.

30. Золотов С. М. Зависимость времени отверждения акриловых клеев от различных факторов / С. М. Золотов // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии : материалы международного конгресса. Вестник БГГУ им. Шухова : научн.-теор. журнал. – Белгород, БГУУ им. Шухова, 2003. – № 5, ч. 1. – С. 48–52.

31. Золотов С. М. Зависимость когезионной прочности акриловых клеев от различных факторов / С. М. Золотов // Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Баштові споруди і матеріали, конструкції, технології : зб. наук. праць. – Макеевка : ДонДАБА, 2003. – № 2, т. 2. – С. 222–226.

32. Золотов С. М. Инновационные материалы на основе акриловых полимеров для восстановления и ремонта конструкций объектов строительства и транспорта / С. М. Золотов // Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта : сб. науч. трудов. – Днепро : ПДАБА, 2004. – С. 192–196.

33. Золотов С. М. Влияние некоторых факторов на время отверждения акриловых клеев / С. М. Золотов, А. О. Гарбуз // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : РДТУ, 2001. – Вип. 6. – С. 87–93.

34. Золотов С. М. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений / С. М. Золотов, А. О. Гарбуз, Л. Н. Шутенко // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – Київ : НДІБК, 2001. – Вип. 54. – С. 810–814.

35. Игонин Л. А. Ремонт поврежденного бетона в сооружениях с использованием полимерных материалов / Л. А. Игонин // Технология и механизация гидроизоляционных работ промышленных, гражданских и энергетических сооружений : тез. докладов всесоюзного науч.-техн. совещания. – М., 1982. – С. 40–41.

36. Игонин Л. А. Эпоксидные клеи, отверждающиеся при отрицательной температуре / Л. А. Игонин, Е. Н. Талденкова // Применение полимерных смол в бетонных и железобетонных конструкциях : матер. к всесоюзному совещанию. – Вильнюс, 1971. – С. 53–54.

37. Известия ВНИИ гидротехники им. В. Е. Вернадского. – М., 1987. – Вып. 119. – 252 с.

38. Кардашов Д. А. Полимерные клеи. Создание и применение / Д. А. Кардашов, А. П. Петрова. – М. : Химия, 1983. – 256 с.

39. Кейгл Ч. Клеевые соединения / Ч. Кейгл / под ред. Д. А. Кардашова ; пер. с англ. – М. : Мир, 1981. – 296 с.

40. Клеи и их применение в технике / под ред. Е. М. Блехмана, В. Г. Каркозова, Г. В. Лютовиллина и др. – Ленинград : ЛДНТП, 1985. – 114 с.

41. Клеи специального назначения / под ред. В. Г. Каркозова. – Л. : ЛДНТП, 1982. – 92 с.

42. Ковачич Л. Склеивание металлов и пластмасс / Л. Ковачич. – М. : Химия, 1985. – 239 с.

43. Ковешников В. П. Современные тенденции применения клеев / В. П. Ковешников, А. И. Штоколов, Ю. А. Еремин // Промышленно-строительное обозрение : журнал. – СПб., 2004. – № 80, октябрь.

44. Колемаев В. А. Теория вероятностей и математическая статистика / В. А. Колемаев, О. В. Староверов, В. Б. Турундаевский. – М. : Высш. шк., 1991. – 400 с.

45. Защита от коррозии в химической промышленности: сб. науч. трудов / С. П. Королев, Ю. Г. Елисеев, Ю. В. Емельянов и др. – М. : НИИТЭХИМ, 1998. – Вып. 5. – С. 109–112.

46. Кутин Ю. Ф. Опыт усиления железобетонных конструкций, получивших повреждения при изготовлении, возведении и эксплуатации / Ю. Ф. Кутин // Эффективные способы усиления, восстановления и реконструкции железобетонных зданий и сооружений с целью увеличения их надежности и долговечности : сб. материалов Всесоюзной науч.-техн. конференции. – Челябинск, 1982. – С. 14–17.

47. Лабутин Р. А. Аппаратура и приборы для нанесения и испытания лакокрасочных покрытий / Р. А. Лабутин, В. Л. Гоц, В. Н. Ракитин. – М. : Химия, 1999. – 176 с.

48. Максимов Ю. В., Патуроев В. В. Рекомендации по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций полимерными составами // Ю. В. Максимов, В. В. Патуроев / НИИЖБ Госстроя СССР. – М., 1986. – 28 с.

49. Матков Н. Г. Сопряжение сборных железобетонных элементов с применением полимерных растворов / Н. Г. Матков, В. М. Горшкова // Стыки сборных железобетонных конструкций. – М. : Стройиздат, 1970. – С. 76–83.

50. Метод безвоздушного распыления и его эффективное применение при окрасочных работах : тез. докл. Всероссийского совещания. – М. : НИИТЭХИМ, 1998. – 67 с.

51. Мельман В. А. Зависимость прочности склеенных бетонных элементов от частоты и уровня многократно повторяющихся нагрузжений / В. А. Мельман // Коммунальное хозяйство городов : научн.-техн. сб.– Киев : Техника, 2002.– Вып. 43. – С. 31–37.

52. Мельман В.А. Исследование деформаций виброползучести центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым клеем / В. А. Мельман // Коммунальное хозяйство городов : научн.-техн. сб. – Киев : Техника, 2002. – Вып. 39. – С. 346–352.

53. Мельман В. А. Прочность соединения бетонных элементов акриловыми клеями при длительном и многократно повторном нагружениях : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения / Мельман Виктория Александровна. – Харьков, 2004. – 168 с.

54. Мельман В. А. Влияние некоторых факторов на прочность и деформативность конструкций из бетонных элементов, соединенных модифицированными акриловыми клеями / В. А. Мельман, М. С. Золотов / Коммунальное хозяйство городов : научн.-техн. сб. – Киев : Техника, 2000. – Вып. 22. – С. 47–51.

55. Мельман В. А. Исследование выносливости центрально сжатых склеенных бетонных элементов при динамических нагрузках различной частоты / В. А. Мельман, М. С. Золотов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2001. – Вип. 7. – С. 133–140.

56. Мельман В. А. Прочность и деформативность железобетонных элементов с трещинами, заименированными акриловым клеем / В. А. Мельман, М. С. Золотов // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 1999. – Вип.8. – С. 250–252.

57. Мельман В. А. Виброползучесть центрально сжатых бетонных элементов соединенных акриловым клеем / В. А. Мельман, М. С. Золотов, М. Ю. Смолянинов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2002. – Вип. 8. – С. 116–123.

58. Мельман В. А. Ремонт и восстановление несущей способности железобетонных изгибаемых элементов акриловыми полимеррастворами / В. А. Мельман, М. С. Золотов, М. Ю. Смолянинов // Вестник БГТУ : научн.-теорет. журнал. – Белгород : БГТУ, 2003. – Вып. 5, Ч. 1. – С. 278–280.

59. Мельман В. А. Длительная прочность и деформативность центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым полимерраствором / В. А. Мельман, М. Ю. Смолянинов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : Вид-во РДТУ, 2003. – Вип. 9. – С. 257–263.

60. Методические рекомендации по омоноличиванию старого бетона новым с применением клеев // Харьковский ПромстройНИИпроект Госстроя СССР. – Харьков, 1985. – 14 с.

61. Микульский В. Г. Склеивание бетона / В. Г. Микульский, А. А. Игонин. – М. : Стройиздат, 1985. – 127 с.

62. Микульский В. Г. Склеивание бетона / В. Г. Микульский, В. В. Козлов. – М. : Стройиздат, 1975. – 240 с.

63. Строительные материалы / В. Г. Микульский, В. Н. Куприянов, Г. П. Сахаров, Г. И. Горчаков и др. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 536 с.

64. Микульский В. Г. Применение эпоксидных составов в бетонных и железобетонных конструкциях / В. Г. Микульский, Н. Г. Матков. – М. : ЦНИИСК, 1969. – 30 с.
65. Миронов С. А. Теория и методы зимнего бетонирования / С. А. Миронов. – М. : Стройиздат, 1990. – 700 с.
66. Недогоров А. Д. Напряженное состояние клеевого бетонного сопряжения при сдвиге / А. Д. Недогоров // Строительная механика и расчет сооружений. – М., 1984. – № 5. – С. 59–62.
67. Пат. 41644А Україна, МПК⁷ С 09 J 4/00. Полімерна самотвердіюча композиція / Л. М. Шутенко, С. В. Волювач, М. С. Золотов та ін. (Україна), Нгуєн Данг Лан Хіонг (В'єтнам) ; Харків. держ. акад. міськ. госп-ва. – № 2000127125 ; заявл. 11.12.00 ; опубл. 17.09.01, Бюл. № 8. – 3 с.
68. Пат. 49587А Україна, МПК⁷ С 09 J 4/00, С 08 L 33/00. Самотвердіюча клейова композиція / Л. М. Шутенко, С. В. Волювач, М. С. Золотов та ін. (Україна) ; Харків. держ. акад. міськ. госп-ва. – № 2002010074 ; заявл. 03.01.02 ; опубл. 16.09.02, Бюл. № 9. – 3 с.
69. Пат. 61781А Україна, МПК⁷ С 09 J 101/00, С 08 L 33/00. Самотвердіюча композиція / Л. М. Шутенко, С. В. Волювач, М. С. Золотов та ін. (Україна) ; Харків. держ. акад. міськ. госп-ва. – № 2003043589 ; заявл. 21.04.03 ; опубл. 17.11.03, Бюл. № 11. – 3 с.
70. Низковязкие полимеризирующие композиции для заделки трещин и ремонта железобетонных конструкций / В. В. Патуроев, Ю. В. Максимов, И. Б. Уварова, В. А. Харькова // Эффективные способы усиления, восстановления и реконструкции железобетонных зданий с целью увеличения их надежности и долговечности : сб. матер. Всесоюзной науч.-техн. конф. – Ч., 1982. – С. 45–46.
71. Пермяков С. А. Эффективные средства малой механизации / С. А. Пермяков, В. В. Ельшин. – М. : Стройиздат, 1999. – 132 с.
72. Псурцева Н. А. Кратковременная и длительная прочность соединения бетонов акриловыми клеями : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения / Нина Алексеевна Псурцева. – Харьков, 1994. – 160 с.
73. Псурцева Н. А. Длительная прочность соединений бетонных элементов на акриловых клеях / Н. А. Псурцева, М. С. Золотов // Эксплуатация и ремонт систем городского хозяйства УМК ВО. – Киев : Укрвузполиграф, 1992. – С. 3–8.
74. Псурцева Н. А. Ремонт бетонных и железобетонных элементов с использованием акриловых клеев / Н. А. Псурцева, М. С. Золотов // Повышение эффективности и надежности городского хозяйства. УМК ВО. – Киев : Вузполиграфиздат, 1990. – С. 159–165.

75. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. – М. : Наука, 1988. – 288 с.
76. Рекомендации по восстановлению и усилению полносборных зданий полимеррастворами // ТблЗНИИЭП. – М. : Стройиздат, 1990. – 159 с.
77. Рекомендации по надежности и долговечности железобетонных конструкций зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении // ХПСНИИП. – М. : Стройиздат, 1990. – 177 с.
78. Савйовский В. В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий / В. В. Савйовский, О. Н. Болотских. – Харьков : Ватерпас, 1999. – 287 с.
79. Саламахин П. М. Экспериментальное исследование сопротивления сдвигу обжатых плоских клееных и сухих бетонных стыков / П. М. Саламахин, Иззыдин Мохамед // Долговечность мостов и тоннелей : сб. научн. трудов МАДИ. – М., 1988. – С. 14–23.
80. Соломатов В. И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В. И. Соломатов, А. И. Бобрышев, К. Г. Химмер / под редакцией В.И. Соломатова. – М. : Стройиздат, 1988. – 312 с.
81. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Чинний від 2011–06–01. – Київ : Мінрегіонбуд, 2011. – 75 с. – (Державні будівельні норми України).
82. Справочник по клеям и клеющим мастикам в строительстве / под ред. В. Г. Микульского, О. Л. Фиговского. – М. : Стройиздат, 1984. – 240 с.
83. Строительное производство. Энциклопедия. – М. : Стройиздат, 1999. – 280 с.
84. Торкатюк В. И. Оптимизация параметров клеевых соединений сборных железобетонных конструкций / В. И. Торкатюк, В. А. Панченко // Экономия и рациональное использование сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов в строительстве : тез. докл. Республиканской научно-технической конференции. – Харьков : ХИСИ, 1986. – С. 143–144.
85. Торкатюк В. И. Исследования эффективности применения клеевых соединений на основе полимерных материалов в многоэтажном каркасном строительстве / В. И. Торкатюк, В. А. Панченко // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : тез. докл. Республиканской научно-технической конференции. – Харьков : ХИИКС, 1982. – С. 382–385.

86. Торкатюк В. И. Клеевая анкеровка в бетон / В. И. Торкатюк, В. А. Панченко, И. А. Дмитрук // Прогрессивные методы воздействия и реконструкции промышленных объектов. – Киев : НИИСП, 1985. – С. 90–94.

87. Пластмассы акриловые самотвердеющие: Технические условия : ТУ 64-2-226-99. – Харьков, 1999. – 24 с.

88. Опыт внедрения установок безвоздушного распыления и судостроения в машиностроении / Н. С. Туборезова и др. – Ленинград : ЛДНТП, 1999. – 25 с.

89. Фокин М. Н. Защитные покрытия в химической промышленности / М. Н. Фокин, Ю. В. Емельянов. – М. : Химия, 1991. – 304 с.

90. Фрейдин А. С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А. С. Фрейдин. – М. : Химия, 1981. – 270 с.

91. Монтажный раствор для замоноличивания стыков элементов сборных железобетонных конструкций / О. В. Хохряков, А. В. Сальников, Н. Н. Морозова, В. Г. Хозин // Структура и свойства искусственных конгломератов : Междунар. сб. научн. трудов РАЕН. – Новосибирск, 2003. – С. 124–127.

92. Технологія будівельного виробництва / В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура та інш. – Київ : Вища школа, 2002. – 430 с.

93. Черкасский И. Г. Омоноличивание рабочих стыков конструкций цементно-жидкостным клеем / И. Г. Черкасский, З. В. Серкова, И. А. Ляхович // Бетон и железобетон. – 1985. – № 5. – С. 38–39.

94. Шилдз Дж. Клеящие материалы : Справочник / Дж. Шилдз. – М. : Машиностроение. 1980. – 368 с.

95. Шутенко Л. М. Експериментальні дослідження з визначення межі витривалості та віброползучості цілих і склеєних акриловим клеем бетонних елементів / Л. М. Шутенко, М. С. Золотов, В. О. Мельман // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. статей. – Рівне, НУВГтаП, 2006. – Вип. 14. – С. 382–388.

96. Опыт применения клеевых соединений в строительстве / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, Н. А. Псурцева, В. В. Душин. – Харьков : НТО Стройиндустрии, 1985. – 98 с.

97. Шутенко Л. Н. Ресурсосберегающий модифицированный акриловый клей с повышенной адгезионной прочностью и термостойкостью / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, А. О. Гарбуз // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 1999. – Вип. 3. – С. 57–63.

98. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, А. О. Гарбуз, С. М. Золотов // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – Київ : НДІБК, 2000. – Вип. 54. – С. 810–814.

99. Шутенко Л. Н. Длительная прочность центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым клеем / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, В. А. Мельман // Совершенствование качества строительных материалов и конструкций (модели, составы, свойства, эксплуатационная стойкость) : Междунар. сб. научных трудов. – Новосибирск : НГАСУ, 2004-2005. – С. 197–200.

100. Шутенко Л. Н. Исследование длительных деформаций соединений бетонов акриловыми клеями / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, В. А. Мельман // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – Київ : НДІБК, 2005. – Вип. 62, Т. 2. – С. 322–329.

101. Шутенко Л. Н. Исследования развития деформаций бетонных и железобетонных конструкций при многократно повторных нагружениях, восстановленных акриловыми клеями / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, В. А. Мельман // Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології : Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – Макіївка : ДДАБА, 2005. – Вип. 2005-8 (56). – С. 70–73.

102. Шутенко Л. Н. Экспериментальные исследования прочности бетона, соединенного акриловыми клеями при длительном статическом нагружении клеем / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, В. А. Мельман // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. статей. – Рівне, НУВГтаП, 2005. – Вип. 13. – С. 302–307.

103. Шутенко Л. Н. Влияние некоторых факторов на прочность и деформативность бетонных элементов соединенных акриловыми клеями / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, И. А. Никопоренко // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : тез. докл. Украинской науч.- техн. конф. – Харьков, 1996. – С. 35–38.

104. Соединение бетонных и железобетонных элементов / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, Н. А. Псурцева, В. В. Душин. – Харьков : НТО Стройиндустрии, 1989. – 72 с.

105. Исследование возможности применения акриловых пласторастворов для ремонта зданий /Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, Ю. М. Смолянинов, Р. А. Спиранде // Наука и техника в городском хозяйстве. – Київ : Будівельник, 1982. – Вип. 49. – С. 12–14.

106. Анкерные крепления в бетоне / Л. Н. Шутенко, С. М. Золотов, В. А. Складаров, С. М. Золотов // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Київ : Техніка, 1998. – Вип. 14. – С. 50–56.

107. Шутенко Л. Н. Крепление башенных сооружений к фундаментам анкерными болтами и арматурными стержнями на акриловых клеях / Л. Н. Шутенко, С. М. Золотов // Вестник ДонГАСА. – Макеевка, 2001. – Вып. 2001-5130. – С. 176–178.

108. Акриловые клеи для соединения бетонных и железобетонных конструкций / Л. Н. Шутенко, С. М. Золотов, А. О. Гарбуз и др. // Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков : матер. докл. Международной интернет-конференции. – Белгород : БелГТАСМ, 2002. – С. 201–205.

109. Опыт использования акриловых клеев для соединения строительных конструкций / Л. Н. Шутенко, С. М. Золотов, А. О. Гарбуз и др. // Коммунальное хозяйство городов : научн.-техн. сб. – Киев : Техника, 2002. – Вып. 43. – С. 3–9.

110. Шутенко Л. Н. Влияние упрочняющих покрытий на выносливость и трещиностойкость железобетонных балок под воздействием низкочастотных нагрузок /Л. Н. Шутенко, С. М. Золотов, М. Ю. Смолянинов // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – Київ : НДКІБК, 2003. – Вип. 59, Книга 1. – С. 87–94.

111. Акриловые клеи для соединения бетонных и железобетонных конструкций / Л. Н. Шутенко, С. М. Золотов, А. О. Гарбуз и др. // Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков : матер. докл. Международной интернет-конференции. – Белгород, 2002. – С. 201–204.

112. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве / Л. Н. Шутенко, В. З. Клименко, Ю. Д. Кузнецов, М. С. Золотов, И. Г. Черкасский. – Киев : Будівельник, 1990. – 136 с.

113. Яковлев К. П. Математическая обработка результатов измерений / К. П. Яковлев. – Москва-Ленинград, 1980. – 241 с.

114. Якушин В. А. Конструкции стыков составных свай на синтетических клеях / В. А. Якушин, Е. М. Чериковер // Бетон и железобетон. – 1980. – № 11. – С. 9–11.

115. Якушин В. А. Исследование составных железобетонных свай с клеевыми стыками при забивке / В. А. Якушин, Е. М. Чериковер // Сборник научных трудов НИИЖБ. – М., 1986. – С. 130–141.

116. Золотова Н. М. Склеивание старого бетона с новым / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Київ : Техніка, 2002. – Вип. 42. – С. 92–98.

117. Золотова Н. М. Особенности моделирования и оптимизации организационно-технологического процесса склеивания старого бетона с новым / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, А. В. Марюхин // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Київ : Техніка, 2002. – Вип. 43. – С. 102–117.

118. Золотова Н. М. Технологические факторы, влияющие на прочность соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Материалы к 42-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов МОК 42 Моделирование и оптимизация в материаловедении. – Одесса : Астропринт, 2003. – С. 101–103.

119. Золотова Н. М. Эксплуатационная надежность соединения бетонных и железобетонных конструкций с использованием акриловых клеев / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, В. А. Мельман // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 2003. – Вип. 23. – С. 168–171.

120. Золотова Н. М. Организационно-технологические решения по соединению старого и нового бетонов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Совершенствование качества строительных материалов и конструкций : Междунар. сб. науч. тр. – Новосибирск : НГАУ, 2004. – С. 98–101.

121. Золотова Н. М. Использование акриловых клеев для соединения бетонных и железобетонных конструкций / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, В. А. Мельман // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – Київ : Техніка, 2004. – Вип. 51. – С. 61–68.

122. Золотова Н. М. Инновационная технология соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова, Л. Н. Шутенко, В. И. Торкатюк // Новини науки Придніпров'я : наук.-практ. журнал. – Дніпропетровськ : Дніпро-VAL, 2004. – Вип. 4. – С. 75–79. – Серія: Інженерні дисципліни.

123. Золотова Н. М. Моделирование организационно-технологических решений по соединению старого и нового бетонов путем их склеивания при формировании инвестиционных проектов в строительной отрасли / Н. М. Золотова, Л. Н. Шутенко, В. И. Торкатюк // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 2004. – Вип. 26. – С. 67–76.

124. Золотова Н. М. Нанесение акриловых клеев на поверхность существующих бетонных или железобетонных конструкций / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Общественно-экономические науки : тез. докладов XXXII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков : ХНАГХ, 2004. – С. 27–28.

125. Золотова Н. М. Совершенствование технологического обеспечения монолитности сборных железобетонных сооружений коммунального хозяйства / Н. М. Золотова, Л. Н. Шутенко, В. И. Торкатюк // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 2004. – Вип. 26. – С. 205–210.

126. Моделирование организационно-технологических решений по соединению старого и нового бетонов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, С. В. Бутник, А. В. Марюхин // Моделирование и оптимизация в материаловедении : матер. к 43-му международному семинару. – Одесса : Астропринт, 2004. – С. 122–124.

127. Технология нанесения акриловых клеев на подготовленную поверхность старого бетона при его соединении с новым / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, С. В. Бутник, А. В. Марюхин // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Київ : Техніка, 2004. – Вип. 58. – С. 29–37.

128. Золотова Н. М. Подготовка поверхности старого бетона для соединения с новым механизированным инструментом / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. – Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – Вип. 35. Ч. 3. – С. 13–21.

129. Золотова Н. М. Омоноличивание рабочих стыков сборных железобетонных элементов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Моделирование и оптимизации в материаловедении : матер. международного семинара МОК'44. – Одесса : Астропринт, 2005. – С. 176–178.

130. Золотова Н. М. Технология подготовки поверхности старого бетона для соединения с новым акриловым клеем / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Экология и ресурсосберегающие технологии в строительном материаловедении : Междун. сб. науч. тр. – Новосибирск : НГАУ, 2005. – С. 112–114.

131. Способы нанесения акриловых клеев на поверхность старого бетона при соединении его с новым / Н. М. Золотова, Л. Н. Шутенко, В. И. Торкатюк, Г. В. Черноморденко // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии : матер. Междунар. науч.-прак. конференции. – Белгород : Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – № 10. – С. 494–498.

132. Золотова Н. М. Зависимость прочности соединения старого бетона с новым акриловыми клеями от технологических факторов / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : матер. VII международной научно-технической интернет-конференции. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – С. 83–86.

133. Золотова Н. М. Технология подготовки поверхности старого бетона для соединения с новым акриловым клеем напыления / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 2006. – Вип. 37. – С. 39–42.

134. Золотова Н. М. Применение акриловых клеев для соединения бетонных элементов строительных конструкций напыления / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, В. А. Мельман // Компьютерное материаловедение и обеспечение качества : матер. к 45-му международному семинару. – Одесса : Астропринт, 2006. – С. 185–186.

135. Золотова Н. М. Нанесение на поверхность старого бетона акрилового клея методом безвоздушного напыления / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, Д. В. Бутник // Общественно-экономические науки : тез. докладов XXXIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – С. 128–131.

136. Золотова Н. М. Механизированное нанесение акриловых клеев на подготовленную поверхность старого бетона при соединении его с новым / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. – Днепропетровск : ПГАСА, 2006. – Вип. 37. – С. 494–500.

137. Золотова Н. М. Влияние различных факторов на организационно-технологические решения по соединению старого и нового бетонов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, Д. В. Бутник // Общественно-экономические науки : тез. докладов XXXIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – С. 136–140.

138. Золотова Н. М. Влияние некоторых технологических факторов на прочность соединений бетонных элементов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, Д. В. Бутник // Общественно-экономические науки : тез. докл. XXXIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – С. 141–143.

139. Arens G. Modern adhesives for the construction industry // Chem. Tech. 23. – 1989. – P. 615–620.

140. Bottiger U. Tragfahtgkeettserhohunh geschandigter, zeintrich stahletonstutyeu mittels epoxid-harzbetons // Bauplenungbautechnik, 1987. – № 6. – S. 262–265.

141. Buck M. Polymethacrylate (PMMA) // Kunststoffe, 1987. – № 10. – S. 1012–1016.

142. Canovas M. F. Las resinas epoxi en la construction // Segunda edicion instituto Eduardo Torroja. – 1981. – 286 p.

143. Canovas M. F. Refuerzo de dementos astructurgles de Hormigon ormado mediante encolado de baudas de acero con adhesivos epoxidicos // Infomes de la Construction. – 1985. – Vol. 37, Nb 373. – Pp. 27–38.

144. CEB: Fastenings to Reinforced Concrete and Masonry Structutes // Bulletin d'Information. – CEB Lausanne, 1996. – Nr. 206, Part I. – 278 p.

145. Devries K. L., Borgmeir P. R. A fracture mechanikes of the effect of tapering adherends on the strength of adhesive lap joints // Journal of Adhesion science and technology. – 1993. – Vol. 7. – Pp. 173–187.

146. Devries R. L. Bergmeir P. R. Testing of Adhesive // Hahdbook of Adhesiv Technology. – New-York, 1994. – Pp. 104–111.

147. Die Metallischraube Rommt zum Runststafdubel // Schweizer Baubl. – 1986. – Ng 79. – S. 854–859.

148. Eligehasen R., Fuchs W. Befestigungen in der betonzugzine // Beton und stahlbetonbau. – 1989. – № 2. – Pp. 27–32.

149. Girmscheid G. International Vorgehrften Uber zulassige spannung in geklebten segmentfugen // Bau-technik. – 1986. – № 4. – Pp. 133–134.
150. Groppes A. Zur Verankenmg Von faserbundein und stahldrahtsilen in stahlhunsen mit kunstharzverguss // Bonningenieur. – 1987. – № 7. – Pp. 293–304.
151. Heavy fixinds. – London, 1992. – 118 s.
152. Heckhansen R. W. Anwendung sratgeber bu Kprofit und Heimwerker. – Berlin, 1998. – 116 s.
153. Lowe G. B. Structural adhesives and compounds for use in the construction industry // Adhesive Age. – 1984. – № 16 (12). – Pp. 41–45.
154. Modern adhesive bonding // Joining and materials. – 1988. – Vol. 1, № 1. – Pp. 38–41.
155. Munse M. Kleben bei tiefen Temperaturen // Bauzeitung. – 1982. – № 12. – Pp. 651–654.
156. Munse M. Klebetechnik in der Baupraxis // Bauzeitung. – 1982. – № 11. – Pp. 530–534.
157. Ocubo H. The stresses Distribution in a Schaft Pressfitted with a Collar // Zangew. – 1952. – Math. Mech. Bd. 32, № 6.
158. Perry A. Concrete repair – guidance from a specialist constructor // Construct : on repair. – 1988. – Vol. 2, № 3. – Pp. 13–14.
159. Properties and specification for epoxies used in concrete repair // Concrete construction. – 1984. – Vol. 20, № 10. – Pp. 873–878.
160. Rehm G., Eligehausen R., Mallee R.: Fastening Tectnology // Betonkalender 1994, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften. – Berlin, 1994. – 267 s.
161. Ryan T. P. Modern Regression Methods. – New York: Willey, 1997. – 327 s.
162. Schneberg G. L. Basic bonding concept // Adhesive Age. – 1985. – Vol. 28, №6. – Pp. 10–13.
163. Schulse W., Munse M. Beurteilung der Betonoberfläche für die Verbudkonstruktion Beton – Konstoffbeschichtung // Bauplanung. – Bautechnik, 1979. – Pp. 512–516.
164. Serikov J., Zolotov M., Serikov S., Morozov V. Researches of Junctions of Concrete by a Glue by a Ultrasonic Impulse Method // Science, Sducation and Society: 11 International Scientific Conference University of Zilina. – Slovak Republic, 2003. – Part I. – Pp. 315–318.
165. Shumway R.H. Applied statistical time series analysis. – Englewood Cliffs, 1988. – № 1: Prentice Hall. – 179 s.

166. Shutenko L., Zolotov M. Plam Minh Ha. Reinforcement of grooved steel in concrete by acrylic glue // Construction. – Hanoi, 2000. – № 1. – Pp. 10–11.
167. Shutenko L., Zolotov M., Zudov O. Embedment of Reinforcement Rods of Profile into Concrete by Acrylic Glues // Science, Education and Society: 11 International Scientific Conference University of Zilina. – Slovak Republic, 2003. – Part I. – Pp. 319–322.
168. Shutenko L., Zolotov S., Zolotov M. Compositions on the basis of acrylic polymers for repairing cement – concrete pavements and reinforced concrete bridge structures // Better roads – better life : 1-st Polish Road Congress. – Warsaw, October 4-6, 2006. – Pp. 443–450.
169. Slack T. K. Trends in the use of adhesives in construction // Adhesive Age, № 17 (3). – 1984. – Pp. 17–21.
170. Tanner W. E. «Adhesive in ordnance application» // Symposium on Adhesives for structural Applications, (Picatinni Arsenal, 1996), Interscience. – 1997. – Pp. 89–93.
171. Treasaway K. W., Davis H. Performance of fusion – bonded epoxycoated steel reinforcement // Structural engineer. – 1999. – Vol. 67, № 6. – Pp. 99–108.
172. Twiss S. P. Structural adhesive bonding // Adhesive Age. – 1989. – № 16(7). – Pp. 35–41.
173. Walter E. Ausziebeversuche an kunststoff dubein // Bauverwaltung. – 1986. – № 3. – Pp. 114–115.
174. Walter E., Ammann W. Fastening in new concrete materials // Concrete 2000. Edited by Ravindra K. Dhir and Roderik Jones. Published by EaFN Spon. – New-York, 1995. – Pp. 847–856.
175. Zolotov S. Adhesive on the Basis of Acrylic Compound to Join Concrete and Reinforced Concrete Elements // Science, Education and Society: 11 International Scientific Conference University of Zilina. – Slovak Republic, 2003. – Part I. – Pp. 319–322.
176. Zolotov S. Strength and deformation of acrylic glues under temporary and permanent static loading. // Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics of Civil Engineering. – Slovak Republic, Zilina, 2005. – Pp. 123–126.
177. Федоров А. Д. Теория оптимального эксперимента / А. Д. Федоров. – М. : Наука, 1971. – 312 с.
178. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк ; пер. с англ. – М. : Мир, 1972. – 383 с.

179. Золотова Н. М. Определение некоторых параметров технологического процесса соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. трудов. – Днепропетровск : ПГАСА, 2007. – Вып. 43. – С. 564–570.

180. Золотова Н. М. Аналітичні дослідження тех-нологічного процесу з'єднання старого бетону з новим акриловими клеями / Н. М. Золотова, В. І. Торкатюк // Моделирование в компьютерном материаловедении : матер. междун. семинара МОК'46. – Одесса : ОГАСА, 2007. – С. 156–157.

181. Золотова Н. М. Реконструкция фундаментов под тяжелые агрегаты / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, В. А. Мельман // Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства : матер. II междун. науч.-техн. интернет-конференции. – Харьков : ХНАГХ, 2007. – С. 37–41.

182. Шутенко Л. М. Діагностика будівельних матеріалів, конструктивних елементів будинків і споруд та механічних систем неруйнівними методами на основі пружних хвиль / Л. М. Шутенко, Я. О. Серіков, М. С. Золотов. – Київ : Техніка, 2009. – 261 с.

183. Золотова Н. М. Влияние некоторых факторов на время очистки поверхности существующего бетона для соединения его новым с помощью клеев / Н. М. Золотова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГтаП, 2008. – Вип. 17. – С. 432–437.

184. Золотова Н. М. Основні організаційно-технологічні параметри технологічного процесу з'єднання старого бетону з новим акриловими клеями / Н. М. Золотова // Тезиси докладов XXXIV научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства «Строительство, архитектура экология». – Харьков : ХНАГХ, 2008. – С. 87–88.

185. Золотова Н. М. Определение потребности механизмов и количественного состава бригад для выполнения работ по соединению старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Київ : Техніка, 2008. – Вип. 84. – С. 39–44.

186. Золотова Н. М. Влияние различных факторов на время выполнения операции технологического процесса соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГтаП, 2009. – Вип. 18. – С. 44–50.

187. Золотова Н. М. Определение времени выполнения операции технологического процесса соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова // Вісник Сумського національного аграрного університету : наук. журнал. – Суми, 2009. – Вип. 13 (13). – С. 65–69. – Серія : Будівництво.

188. Золотова Н. М. Количественный состав бригады и необходимое количество механизмов для выполнения работ по соединению старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова, В. И. Торкатюк, Н. Г. Морковская // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук праць. – Одеса, 2009. – Вип. 34. – С. 658–663.

189. Золотова Н. М. Заделка стыков железобетонных элементов акриловыми клеями / Н. М. Золотова // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : X Междунар. науч.-техн. интернет-конф. ; матер. конф. – Харьков : ХНАГХ, 2012. – С. 149–152.

190. Золотова Н. М. Соединение бетонных элементов строительных конструкций акриловыми клеями при реконструкции зданий и сооружений / Н. М. Золотова // Строительство, реконструкция и восстановлений зданий и сооружений : III Междунар. науч.-техн. интернет-конф. ; матер. конф. – Харьков : ХНАГХ, 2012. – С. 256–259.

191. Золотова Н. М. Применение акриловых клеев для соединения бетонных элементов строительных конструкций / Н. М. Золотова // Тезисы докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков : ХНАГХ, 2012. – Ч. 1. – С. 72–75.

192. Золотова Н. М. Моделирование организационно-технологических решений по соединению старого и нового бетона путем склеивания / Н. М. Золотова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГ та П, 2013. – Вип. 25. – С. 61–70.

193. Золотова Н. М. Способы нанесения акриловых клеев на поверхность старого бетона при соединении его с новым / Н. М. Золотова // Ресурсосберегающие технологии и эффективное использование местных ресурсов в строительстве : Междунар. сб. науч. тр. – Новосибирск : НГАУ, 2013. – С. 129–133.

194. Золотова Н. М. Влияние технологических факторов и вида нагружения на прочность соединения бетонных элементов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, А. О. Гарбуз, В. А. Скляров // Збірник наукових праць. – Полтава : ПолтНТУ, 2013. – Вип. 4 (39). Т. 1. – С. 114–122. – Серія : галузеве машинобудування, будівництво.
195. Золотова Н. М. Эксплуатационная надежность соединения бетонных и железобетонных конструкций акриловыми клеями / Н. М. Золотова, А. О. Гарбуз, К. А. Барцагова // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : XI Междунар. науч.-техн. интернет-конф. – Харьков : ХНУГХ, 2014. – С. 62–65.
196. Золотова Н. М. Моделирование организационно-технологических решений соединения старого бетона путем их склеивания / Н. М. Золотова, А. О. Гарбуз, Н. Г. Морковская // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 2014. – Вип. № 3 (77) – С. 48–53.
197. Золотова Н. М. Технология омоноличивания рабочих стыков сборных железобетонных элементов акриловыми клеями / Н. М. Золотова, А. О. Гарбуз // Строительство, реконструкция и восстановлений зданий и сооружений : IV Междунар. науч.-техн. интернет-конф. ; матер. конф. – Харьков : ХНАГХ, 2014. – С. 96–99.
198. Золотова Н. М. Аналітичні дослідження технологічного процесу з'єднання старого бетону з новим акриловими клеями / Н. М. Золотова, Н. Г. Морковская // Строительство, реконструкция и восстановлений зданий и сооружений : IV Междунар. науч.-техн. интернет-конф. ; матер. конф. – Харьков : ХНАГХ, 2014. – С. 99–101.
199. Золотова Н. М. Технология устройства анкерных болтов на акриловых клеях / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун // Перспективні напрями наукових досліджень – 2015 : Міжнар. наук.-практ. конф. ; матер. конф. – Братислава, Словаччина : Всеукраїнська спілка вчених економістів академічна спілка Михайла Булудянського. – Том 2. – С. 153–154.
200. Золотова Н. М. Определение влияния различных факторов на жизнеспособность акриловых клеев / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун // Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, та споруд : матер. міжнар. наук. конф. – Харків : ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 48–49.
201. Золотова Н. М. Влияние вязкости акрилового компаунда на эффективность анкерных болтов на акриловых клеях в бетон / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХНТУБА ХОТВ АБУ, 2015. – Вип. 4(82). – С. 218–222.

202. Золотова Н. М. Организационно–технологические решения установки анкерных болтов на акриловых композициях / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун // Будівельні матеріали та виробн. – 2016. – № 4(93). – С. 52–55.

203. Золотова Н. М. Акриловая композиция для анкероустановочных работ / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун, В. А. Скляр // Будівельний журнал. – 2016. – № 5–6 (123–124). – С. 84.

204. Золотова Н. М. Применение клеевых анкеров при прокладке трассы воздушной линии электропередач и монтаже опор на готовых фундаментах / Н. М. Золотова, В. А. Скляр // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, НУВГ та П, 2016. – Вип. 33. – С. 269–275.

205. Zolotova N. Arrangement for installing the anchor bolts on acrylic compositions / N. Zolotova, V. Skliarov, O. Suprun // Proceeding of International scientific and practical conference Build Master Class. – Kyiv : Kyiv National University of Contraction and Architecture, 2016. – Pp. 126–127.

206. Золотова Н. М. Особенности применения химических акриловых анкеров при прокладке трассы воздушной линии электропередач и монтаже опор на готовых фундаментах / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун, В. А. Скляр // Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : II Міжнар. конф. ; тези доповідей. – Одеса : ОДАБА, 2017. – С. 130–133.

207. Золотова Н. М. Технологічні рішення з оптимізації матеріало- і трудовитрат при анкероустановлювальних роботах з використанням акрилових композицій / Н. М. Золотова, О. Ю. Супрун, В. О. Скляр // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – Харків : УкрДУЗТ, 2018. – Вип. 175. – С. 71–77.

208. Пат. 40163 Україна, МПК C04B 26/12, C08L61/100. Композиція для хімічно-стійких підлог та реставрації будівельних споруд / С. В. Волювач, А. Л. Шутенко, Н. М. Золотова, Д. В. Бутнік (Україна). – № u200812864 ; заявл. 04.10.08 ; опубл. 25.03.09, Бюл. № 6.

209. Пат. 55773 Україна, МПК C04B 26/00, C08L61/00. Фураномінеральна композиція для хімічно стійких підлог / Л. М. Шутенко, С. В. Волювач, Н. М. Золотова, Н. В. Мороз, В. О. Медвецька (Україна). – u201007012 ; заявл. 07.06.10 ; опубл. 27.12.10, Бюл. № 24.

210. Пат. 60482 Україна, МПК C04B 28/26, C08L61/00. Кіслотостійка рідкоскляна композиція / Л. М. Шутенко, С. В. Волновач, М. С. Золотов, Є. С. Решетняк, Н. М. Золотова, Ю. А. Науменко (Україна). – u201012945 ; заявл. 01.11.10 ; опубл. 25.06.11, Бюл. № 12.
211. Золотов С. М. Акриловые клеи для соединения строительных конструкций : монография / С. М. Золотов. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015. – 184 с.
212. Торкатюк В. И. Организационно-технологические, архитектурно-конструктивные и финансово-экономические предпосылки формирования продукции капитального строительства : монография / В. И. Торкатюк, А. И. Колосов, В. Н. Бабаев, Л. Н. Шутенко, Г. В. Стадник ; под ред. В. И. Торкатюк. – Харьков : ХНАГХ, 2012. – 368 с.
213. Шутенко Л. М. Анкерні болти : конструкція, розрахунок, проектування, технологія влаштування : навч. пос. / Л. М. Шутенко, М. С. Золотов, В. О. Склярів, Н. М. Золотова. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 204 с.
214. ASTM E 488-96. American Association for Testing and Materials : Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete and Masonry Elements. – ASTM, 2003. – Pp. 1–8.
215. ATIC, Section SP38 : Metal Anchors for Use in Concrete. – Australian Technical Infrastructure Committee, 2009.
216. Barnat J. Behaviour analysis of steel bonded anchors : Ph.D. Thesis / J. Barnat // Brno : University of Technology, 2010. – Pp. 16–18.
217. Rizzo P. Acoustic Emission Monitoring of Chemically Bonded Anchors / P. Rizzo, A. Spada, S. Degala, G. Giambanco // Journal of Nondestructive Evaluation. – 2010. – Volume 29, Issue 1. – Pp. 49–61.
218. Zolotova N. Technological parameters definition influencing of anchor screw-bolts application on acrylic adhesives / N. Zolotova, O. Suprun // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – Košice, Slovakia : ASMB, 2015. – Volume 3, № 4. – Pp. 148–150.
219. Petrie E. M. Handbook of Adhesives and Sealants / E. M. Petrie. – NY : McGraw–Hill, 2000. – 902 p.
220. Eurocode 2 : Design of concrete structures // Part 4: Design of fastenings for use in concrete. – European Committee for Standardization, 2013. – 16 p.
221. DR2 AS 3850.1. Prefabricated concrete elements // Part 1 : General requirements, Committee BD-006. – Standards Australia, 2013.

222. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. – Чинний від 2012–04–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 116 с. – (Державні будівельні норми України).

223. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будинків і споруд. – Чинний від 2009–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с. (Державні будівельні норми України).

224. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва. – Чинний від 2012–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 61 с. – (Державні будівельні норми України)

225. Болотских Н. С. Машины для строительно-монтажных работ : справочник / Н. С. Болотских, И. А. Емельянова, А. Г. Савченко. – Киев : Будівельник, 1993. – 341 с.

226. Поциус А. Клеи, адгезия, технология склеивания / А. Поциус ; пер. с англ. Ю. А. Гаращенко ; под ред. Г. В. Комарова. – СПб: Профессия, 2007. – 373 с

227. Професійний електроінструмент : каталог продукції фірми BOSH. – 2012. – 416 с.

228. Профессиональное строительное оборудование : каталог фирмы Hilti. – 2013. – 262 с.

229. Золотова Н. М. Организационные мероприятия при выполнении работ по соединению старого бетона с новым акриловыми клеями / Н. М. Золотова // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Днепропетровск : ПГАСА, 2009. – Вып. 50. – С. 215–220.

230. Шутенко Л. Н. Проблема маркетинга инвестиций городского жилого фонда / Л. Н. Шутенко // Економічні проблеми регіонів : науково-практичний журнал. – Полтава, 2001. – № 5–6 (18–19). – С. 13–16. – Серія : Регіональні перспективи

231. Золотов М. С. Прочность соединения бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений / М. С. Золотов, Н. М. Золотова, А. О. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, 2011. – Вип. 63. – С. 258–264.

232. Шутенко Л. Н. Комплексные строительные конструкции на основе ориентированных стеклопластиков / Л. Н. Шутенко // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : Междунар. науч.-техн. конф. ; тезисы докл. – Харьков : ХИИГХ, 1996. – С. 24–25.

233. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн ; пер. с фран. – М. : Наука, 1970. – 720 с.

Наукове видання

**ЗОЛОТОВА Ніна Михайлівна,
СКЛЯРОВ В'ячеслав Олександрович,
СУПРУН Олег Юрійович**

**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ
ІЗ З'ЄДНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
АКРИЛОВИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ**

МОНОГРАФІЯ

Відповідальний за випуск *О. В. Кондращенко*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 15.06.2018. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 5,4

Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідчення суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.